

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра автомобильных дорог и городских сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В. В. Серватинский
подпись инициалы, фамилия

«_____» _____ 2020 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.15 «Автомобильные дороги»

«ППР на капитальный ремонт автомобильной дороги
в Красноярском крае»

Руководитель

_____ доцент, к. т. н. Е. В. Горяева
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник

_____ А. А. Саргсян
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «ППР на капитальный ремонт автомобильной дороги в Красноярском крае» содержит 59 страниц текстового документа, 9 иллюстраций, 22 формул, 26 таблиц, 25 использованных источников, 7 листов графического материала.

ППР, КАПИТАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ.

Основной целью и задачей разработки проекта является проведение капитального ремонта.

В проекте были разработаны мероприятия по производству работ при проведении капитального ремонта автомобильной дороги, повышающие качество технических показателей.

Также была разработана последовательность выполнения различных видов работ и составлены технологические карты на строительство дорожной одежды и обустройства автомобильной дороги.

Технические, качественные и технико-экономические показатели ремонтируемого участка дороги соответствуют требованиям, предъявляемым к дорогам III технической категории.

Проект выполнен в соответствии с действующими нормами и правилами согласно государственному стандарту Российской Федерации и межгосударственным отраслевым дорожным норм.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Характеристика природных условий района расположения автомобильной дороги.....	4
1.1 Климат района	4
1.2 Рельеф местности.....	6
1.3 Инженерно-геологические и гидрологические условия.....	6
1.4 Растительность и почвы	7
1.5 Дорожно-строительные материалы.....	8
2 Характеристика существующего участка автомобильной дороги.....	9
2.1 Обоснование технической категории дороги.....	9
2.2 Технические нормативы участка производства работ.....	10
2.3 План и трассы.....	10
2.4 Земляное полотно.....	11
2.5 Дорожная одежда.....	11
2.5.1 Расчет дорожной одежды.....	12
2.6 Искусственные сооружения.....	21
3 Организация строительства.....	22
3.1 Определение сроков выполнения дорожно-строительных работ.....	22
3.2 Обоснование способов производства работ по капитальному ремонту.....	22
4 Технология производства работ.....	23
4.1 Подготовительные работы.....	23
4.1.1 Определение объемов подготовительных работ.....	23
4.1.2 Выбор комплексного машинно-дорожного отряда для подготовительных работ.....	24
4.2 Строительство водопропускных труб.....	25
4.2.1 Определение объема работ по строительству водопропускных сооружений и расчет состава МДО по их устройству.....	25
4.3 Строительство дорожной одежды.....	29
4.3.1 Определение потребности в дорожно-строительных материалах для устройства дорожной одежды.....	29
4.3.2 Определение границ использования карьеров и средней дальности возки материалов.....	33
4.3.4 Расчет состава МДО по устройству дорожной одежды.....	34
4.4 Разработка технологических карт на выполнение отдельных видов дорожно-строительных работ.....	40
5 Деталь проекта.....	49
Заключение.....	57
Список использованной литературы.....	58

ВВЕДЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы по организации производства работ при капитальном ремонте автомобильной дороги III технической категории в Красноярском крае на участке 967+000 – 975+000 км, которая является частью федеральной дороги Р-255 «Сибирь».

Дороги подвержены воздействию многочисленных факторов (нагревание солнечными лучами, промерзание и оттаивание, увлажнение осадками, грунтовыми водами и т.д.). Эти особенности работы дорог должны учитывать проектировщики, строители, рабочие эксплуатационной службы.

Учитывая современное и экономическое развитие регионов, встает необходимость соединения административных центров с другими различными населенными пунктами.

В ходе эксплуатации автомобильная дорога со временем под давлением колес машин, влиянием неблагоприятных природных условий в виде дождя, града, резкой смены температуры, асфальтобетонный настил теряет свой первоначальный вид. Покрывается мелкими трещинами, ямками, выбоинами, что укорачивает время качественной работы автотрассы. Езда по таким изношенным дорогам ведет к порче автомобилей и даже может привести к аварии.

Основной целью и задачей разработки проекта является проведение капитального ремонта. Из этого следует, что необходимо предусмотреть мероприятия по повышению транспортно-эксплуатационных показателей с целью обеспечения безопасного и безаварийного проезда по данному участку.

Исходными данными являются результаты инженерно-геологических изысканий, данные метеорологических станций. Также в качестве исходных данных принимается проложение проектной линии, на основе которой необходимо разработать наиболее оптимальные решения по вопросам выбора применяемой техники и организации производства работ в целом.

1 Характеристика природных условий района расположения автомобильной дороги

1.1 Климат района

Климатическая характеристика района приводится по материалам наблюдений метеорологической станции Уяр.

Климат района резко континентальный.

Согласно [1] и [2] район проводимых работ относится к III дорожно-климатической зоне.

Необходимые для расчетов данные приведены в ведомости климатических показателей (таблица 1) и в таблицах 2, 3, 4.

Таблица 1 - Ведомость климатических показателей

Наименование показателя	Единица измерения	Величина
1	2	3
Абсолютная температура воздуха; max min	°C	+36 – 55
Средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью: 0,98 0,92	°C	– 45 – 42
Преобладающее направление ветра за: - декабрь – февраль - июнь – август		ЮЗ З
Средняя годовая скорость ветра	м/с	3,9
Максимальная скорость ветра за январь	м/с	5,8
Минимальная скорость ветра за июль	м/с	3,3
Наибольшая скорость ветра, возможная 1 раз за: 1 год; 10 лет; 20 лет	м/с	29 39 42
Среднегодовая относительная влажность воздуха	%	69
Сумма атмосферных осадков за год	мм	425
Максимальное суточное количество осадков	мм	74
Среднее количество дней с относительной влажностью 80% и более		48
Расчетная толщина снежного покрова обеспеченностью 5%	м	0,4
Глубина промерзания	м	2,2

Средняя дата образования устойчивого снежного покрова – 31 октября; средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова – 11 апреля. Число дней в году с устойчивым снежным покровом - 176. Высота снежного покрова ВП 5% - 40 см.

Таблица 2 - Среднемесячная температура воздуха в °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
-17,5	-16,8	-9,3	0,6	8,1	15,4	17,8	14,6	8,4	0,8	-9,8	-17,3	-0,6

Таблица 3- Направление (%) и скорость (м/с) ветра

Параметры	Июль							
Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость ветра, %	3,9	14,8	14,2	4,7	4,3	16,1	29,3	12,7
Средняя скорость ветра, м/с	2,7	3,3	3,0	2,6	2,0	2,8	3,1	3,3

Параметры	Январь							
Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость ветра, %	2,2	10,6	6,3	0,7	3,2	34,8	37,8	4,4
Средняя скорость ветра, м/с	2,3	2,5	2,4	2,2	3,3	5,5	5,8	4,1

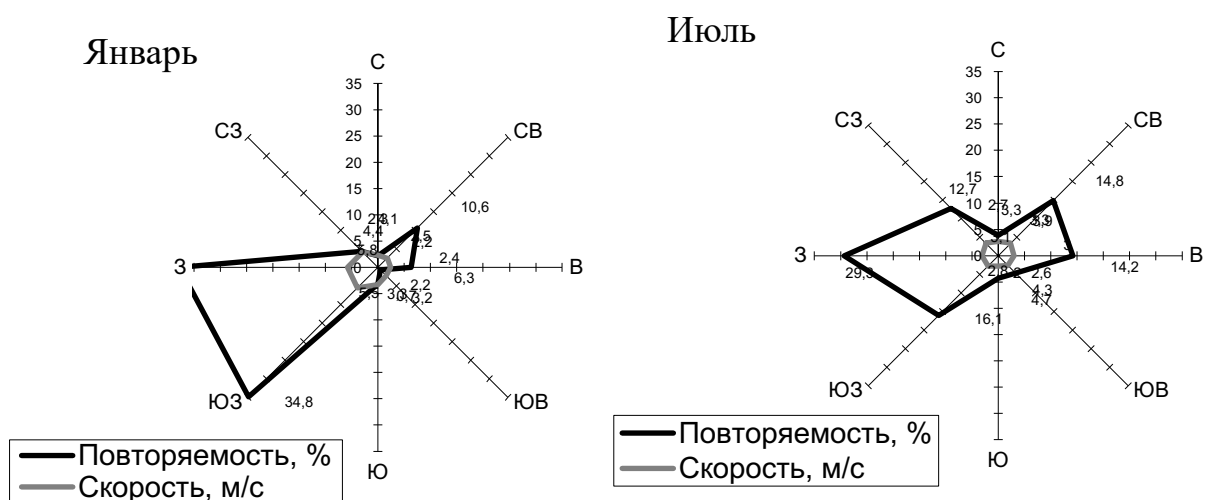


Рисунок 1- Розы ветров

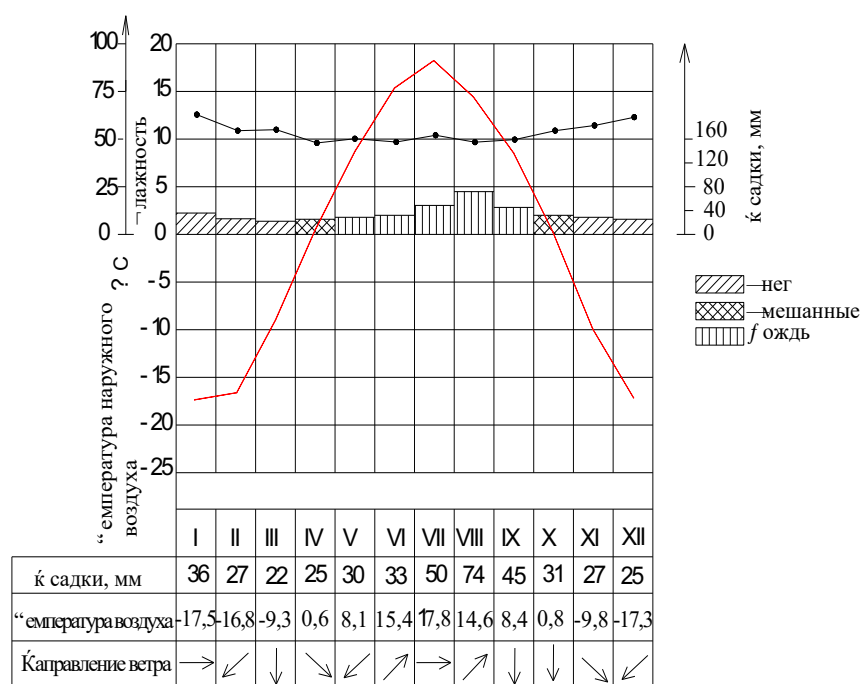


Рисунок 2 - Дорожно-климатический график

1.2 Рельеф местности

Район работ расположен на Рыбинском денудационном холмисто-увалистом плато, входящим в состав Рыбинского региона (Рыбинская впадина). В тектоническом отношении район представляет сложную структуру на складчатом фундаменте – метаморфических породах архея, протерозоя и кембрия. Породам присуще пологоволнистое залегание слоев. Толща осадочных формаций палеозоя – это красноцветы среднего и верхнего девона, залегают наклонно с малыми углами падения пластов. Красноцветная формация представлена песчаниками с прослоями аргиллитов, алевролитов и мергеля. Песчаники средне- и мелкозернистые с карбонатно-железистым цементом. Ландшафт местности холмистый, соответствует лесостепной зоне. Холмисто-увалистый рельеф формировался на породах красноцветной формации и представляет собой чередование холмов и увалов с разделяющими их понижениями. Абсолютные отметки составляют 200-250м. Холмы и увалы ассиметричной формы, склоны крутизной 6-8° изрезаны овражно-балочной сетью. Толща осадочных пород на изученную глубину неоднородна.

1.3 Инженерно-геологические и гидрологические условия

Автомобильная дорога проложена в пределах подгорной Канско-Рыбинской лесостепной равнины и принадлежит Красноярско-Рыбинскому гидрологическому району.

Гидрогеологические условия характеризуются наличием порово-пластовых вод, приуроченных к толще современных пролювиально-делювиальных отложений.

Для водотоков этой территории характерно довольно значительное весеннее половодье и низкая летне-осенняя и зимняя межень.

Основным источником питания в период половодья являются выпавшие за зиму твердые осадки. Суммарный слой весеннего стока в основном определяется величиной поверхностного притока талых вод. В этот период формируются, как правило, максимальные расходы воды.

Паводочный период наступает по окончании весеннего половодья или до этого срока и обусловлен дождями, выпадающими на спаде половодья. В среднем за сезон проходит до 5-6 паводков. Летне-осенний сток обычно ниже весеннего и только в периоды длительных затяжных дождей или выдающихся ливней приближается по величине к весеннему.

Однако на небольших водосборах, имеющих крутые склоны и, как следствие, малое время добегания выпавших осадков в русловую сеть, наибольшим обычно является максимальный дождевой сток.

Подземные воды на участке встречены в скважине 1072 на глубине 7,20м – установление и появление, абсолютная отметка –363,68м. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциево-натриевые, по водородному показателю (РН) – нейтральные.

По характеру и степени увлажнения дорога относится к I, II, III типам местности.

1.4 Растительность и почвы

В геологическом строении участка дороги принимают участие генетические комплексы четвертичных и современных отложений. На плоских широких водоразделах залегают щебенистые грунты элювиально-делювиального комплекса. Склоны покрыты дресвяными и глинистыми грунтами делювиального и аллювиального генезиса. В пониженных местах залегают пролювиально-делювиальные грунты значительной мощности.

Грунты представлены почвенно-растительным слоем, дресвяным грунтом с суглинистым заполнителем, суглинками твердыми, полутвердыми слабозаторфованными, мягкопластичными, текучепластичными, глинами твердыми. Сложено плато горными породами, представленными терригенными песчаниками и алевролитами нижнее - карбонового возраста. Ниже по разрезу залегают красноцветные песчаники с прослоями алевролитов, аргиллитов, конгломератов, мергелей и известняков девонского возраста. Полускальные породы перекрыты щебенистыми и лессовидными. Пологие склоны и водоразделы благоприятны для строительства.

Почвенный покров района работ представлен подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами.

Из растительности преобладают представители горно-таежных видов: кедр, пихта, ель, на востоке лиственница, часто встречаются осина, береза.

1.5 Дорожно-строительные материалы

Для производства работ необходимы следующие материалы:

Щебень, песок, ПЩС и скальный грунт, который доставляется из карьера «Кордон» с дальностью транспортирования до начала трассы 42 км.

Асфальтобетонная смесь доставляется с асфальтобетонного завода г. Заозерный с дальностью транспортирования до начала трассы 26 км.

Дорожные знаки привозят из с. Вознесенка с дальностью транспортирования до начала трассы 113 км.

Конструкции из гофрированного металла доставляются с ООО «Фирма Комстройэкспоцентр» г. Канск с дальностью транспортирования до конца трассы 80 км.

Железобетонные изделия с завода ЖБИ г. Красноярск с дальностью транспортирования до начала трассы 137 км.

Монолитный бетон, раствор доставляется с завода ЖБИ г. Уяр с дальностью транспортирования до начала трассы 43 км.

Металлическое барьерное ограждение привозят из г. Новосибирск железнодорожным транспортом до станции Уяр с дальностью транспортирования 892 км и далее автотранспортом до начала трассы 47 км.

Битум с НПЗ г. Ачинск с дальностью транспортирования до начала трассы 338 км.

Геосинтетический материал доставляется из г. Красноярск с дальностью транспортирования 137 км.

Полигон твердых бытовых отходов находится в г. Бородино с дальностью транспортирования до конца трассы 29 км.

2. Характеристика существующего участка автомобильной дороги

Участок автомобильной дороги км 967+000 – км 975+000, является частью федеральной автомобильной дороги Р-255 «Сибирь».

Начало трассы ПК 0+00 принят на конце трассы ранее запроектированного участка автомобильной дороги км 955+000 – км 967+000 на прямом участке оси и соответствует километровому знаку 967/927.

Конец трассы ПК 78+18 принят на километровом знаке км 975/919 на прямом участке оси существующей автомобильной дороги.

Протяженность участка трассы – 7,818 км, общее направление трассы восточное.

Ось трассы уложена камерально, в пределах проезжей части существующей автомобильной дороги, и максимально приближена к оси существующей автомобильной дороги.

Дорога относится к III технической категории.

Покрытие на всем протяжении участка автомобильной дороги представлено асфальтобетоном. В целом асфальтобетон находится в неудовлетворительном состоянии. На значительных участках наблюдаются неровности, выбоины и трещины.

2.1 Обоснование технической категории дороги

Заданием предусмотрен капитальный ремонт, поэтому за основу использовали ранее полученные данные за 2019 год.

Часовая интенсивность в прямом и обратном направлениях составила 221 авт./час. Через соответствующие коэффициенты приведения часовой интенсивности согласно [2] получена среднегодовая суточная интенсивность, равная 2734 авт./сут.

Таблица 4 – Суточная интенсивность на расчетный 2019 год

Типы автомобилей								Итого всех типов, авт/сут
Грузовые, (авт/сут) Грузоподъемностью, т						Легковые авт/сут	Авто бусы, авт/сут	
2т	2-5т	5-8т	Свыше 8т	Автопоезда	Всего			
137	276	95	179	453	1140	1512	82	2734

Интенсивность, приведенная к грузовому автомобилю, на срок службы дорожной одежды 13 лет составила 5155 приведенных авт./сут.

Это соответствует III технической категории.

2.2 Технические нормативы участка производства работ

Основные технические нормативы для проектирования приняты в соответствии с требованиями [2] и [3].

Таблица 5 - Технические нормативы автомобильной дороги

Наименование	Измеритель	Показатели
Категория дороги		III
Основная расчетная скорость	км/ч км/ч	100 80
Протяженность	м	7817,61
Число полос движения	шт	2
Ширина земляного полотна	м	12
Ширина полосы проезжей части	м	3,50
Ширина краевой полосы	м	0,5
Ширина обочины	м	2,50
Ширина укрепленной части обочины	м	1,00
Тип дорожной одежды		капитальный
Максимальный продольный уклон	‰	36
Наименьший радиус кривых в продольном профиле		
выпуклой	м	5000
вогнутой	м	3078
Наименьшее расстояние видимости для остановки	м	154,59

2.3 План трассы

На всем протяжении участка дорога проходит по местности со слабой залесенностью – луга и пашни периодически сменяются березовыми рощами протяженностью от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Водоотвод участка автомобильной дороги обеспечен довольно хорошо, это объясняется тем, что существующая автомобильная дорога, построена на сухих участках местности. На участках с проблемным водоотводом, на существующей автомобильной дороге построены искусственные сооружения по перепуску воды через дорогу.

Коммуникации вблизи участка дороги представлены кабелем связи, идущим вдоль участка автомобильной дороги, а также ЛЭП 10кВ и 35кВ и двумя нефтепроводами и кабелем связи, пересекающие автомобильную дорогу.

На участке автомобильной дороги имеется 4 переезда различного назначения.

Трасса была проложена исходя из наиболее возможного соответствия проектируемой трассы существующей оси автомобильной дороги.

2.4 Земляное полотно

Конструкция поперечных профилей земляного полотна назначена согласно категории дороги на основании проектных решений по продольному профилю в соответствии с гидрологическими, геологическими и климатическими условиями с учетом требований [2], [3]. Конструкции поперечных профилей земляного полотна представлены на листе 5 графической части.

Основные параметры поперечного профиля земляного полотна и проезжей части приняты в соответствии с требованиями [3] для дорог III технической категории.

Заложение откосов насыпей в соответствии с требованиями по безопасности 1:4 при высоте насыпи до 3м для обеспечения безопасных условий движения и 1:1,5 при высоте насыпи более 3м, при высоте насыпи более 6 м применяется переменное заложение откосов согласно [2].

В дипломе предусмотрено увеличение проектных отметок на небольшую высоту (до 46 см), вследствие чего не предусматриваются возведение земляного полотна, так как экономически нецелесообразно снимать полностью старую дорожную одежду, а затем отсыпать новые насыпи.

В дипломе предусмотрена нарезка кюветов.

Укрепление кюветов назначено с учетом расходов слагающих грунтов и уклонов по дну кювета и предусматривается:

- засевом трав при уклонах 10 - 20‰;
- щебневанием дна и посевом трав по откосу 20 - 40‰;
- при уклонах 40‰ и выше – мощение.

Укрепление кюветов назначено, исходя из уклонов местности и слагаемых грунтов. Засев травами происходит по слою растительного грунта толщиной 0,10м. Грунт от разработки кюветов транспортируется на заболоченные земли в районе кольцевой развязки у с. Рыбное.

Отвод воды из боковых канав устроен на ПК 4+00, 9+00, 13+00, 21+00, 21+55, 27+30, 35+00, 40+00, 43+00, 46+00, 48+00, 52+13, 55+00, 60+00, 62+70, 66+00, 72+36.

В местах, где продольный уклон боковых канав превышает значение следующего за ним, предусматривается бетонирование лотков.

2.5 Дорожная одежда

Конструкции дорожной одежды запроектированы в соответствии с заданием на проектирование усовершенствованного капитального типа.

Согласно [4] минимальный требуемый модуль упругости составляет 200МПа, но исходя из интенсивности движения и состава потока на проектируемом участке, требуемый модуль упругости составит 215 МПа.

Таким образом, расчет конструкции дорожной одежды выполнен по минимальному фактическому требуемому модулю упругости равному 215 МПа.

Учитывая состав транспортного потока, и в соответствии с п. 4.2* [2] за расчетный автомобиль принят автомобиль группы А1 с нормативной статической нагрузкой на ось 100 кН.

В процессе изысканий вечномёрзлые грунты не обнаружены, поэтому расчет дорожной одежды выполнен по нормам для III дорожно-климатической зоны.

Вариант 1 (новая конструкция дорожной одежды)

- Щебеночно-мастичный асфальтобетон (Марка 15) – 6 см;
- Асфальтобетон крупнозернистый горячий на битуме БНД марки 90/130 (Марка II) – 8 см;
- Черный щебень – 8 см;
- Щебеночно-песчаная смесь (С5-40мм) - 25см;
- Щебеночно-скальный грунт - 30см;
- Суглинок тяжелый пылеватый.

Тип 2 (усиление дорожной одежды)

- Щебеночно-мастичный асфальтобетон (Марка 15) – 6 см;
- Асфальтобетон крупнозернистый горячий на битуме БНД марки 90/130 (Марка II) – 8 см;
- Геосетка;
- Выравнивающий слой из черного щебня;
- Существующее асфальтобетонное покрытие – 14 см;
- Существующие основание из песчано-гравийной смеси – 14 см;
- Галечниковый грунт с песчаным заполнителем 40% - 42 см;
- Суглинок тяжелый пылеватый.

Тип 3 (усиление дорожной одежды с железобетонными плитами)

- Щебеночно-мастичный асфальтобетон (Марка 15) – 6 см;
- Асфальтобетон крупнозернистый горячий на битуме БНД марки 90/130 (Марка II) – 8 см;
- Геосетка;
- Выравнивающий слой из черного щебня;
- Существующее асфальтобетонное покрытие – 8 см;
- Существующий верхний слой основания – железобетонные плиты – 16 см;
- Существующий нижний слой основания из песчано-гравийной смеси – 12 см;
- Галечниковый грунт с песчаным заполнителем 40% - 38 см;
- Суглинок тяжелый пылеватый.

2.5.1 Расчет дорожной одежды

1 Исходные данные:

категория дороги: III

количество полос движения: 2

ширина полосы движения, м: 3,50
 ширина обочины, м: 2,50
 ширина укрепительной части обочины, м: 0,50
 тип дорожной одежды: капитальный
 вид расчетной нагрузки: динамическая
 нагрузка, КН/ давление, МПА/ диаметр штампа, см: 100 / 0,6 / 39
 дорожно-климатическая зона: 3
 схема увлажнения: 2
 глубина промерзания грунтов, м: 2,20
 срок службы, лет: 13
 уровень надежности: 0,90
 Исходные данные по дополнительным слоям основания
 тип грунта: Суглинок тяжелый пылеватый
 коэффициент уплотнения: 0,98
 Теплоизолирующий слой: не предусматривается
 Дренирующий слой: не предусматривается
 Конструктивные мероприятия, снижающие влажность:
 - Укрепление обочин (не менее 2/3 их ширины) асфальтобетоном.

Состав и интенсивность движения на первый год эксплуатации приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Состав и интенсивность движения

Марка автомобиля	Грузоподъемность, т	Количество авт/сут	Процент в потоке	Рост интенсивности	K _{Груз}	K _{проб}	S _{пр.}
ВАЗ-2114	0,00	278	10,16	1,05	0,90	0,95	0,00
ВАЗ-1119	0,00	345	12,71	1,05	0,90	0,95	0,00
ГАЗ-33021	1,50	34	1,24	1,05	0,90	0,60	0,00
ГАЗ-53	4,00	90	3,29	1,05	0,90	0,60	0,06
КАМАЗ-5320	8,00	36	1,32	1,05	0,90	0,60	0,21
КАМАЗ-53215	11,00	63	2,30	1,05	0,90	0,60	0,98
ПАЗ-3206	0,00	17	0,62	1,05	0,90	0,95	0,02
КамАЗ-6540	18,50	258	9,43	1,05	0,90	0,60	0,49
КАМАЗ-55102	7,00	17	0,62	1,05	0,90	0,60	0,23
ИКАРУС-255	0,00	22	0,80	1,05	0,90	0,95	0,68
ИКАРУС-250	0,00	28	1,02	1,05	0,90	0,95	0,76
МАЗ-630168	12,00	116	4,24	1,05	0,90	0,60	0,44
УАЗ-3160	0,00	291	10,63	1,05	0,90	0,95	0,00
УАЗ-3153	0,00	358	13,08	1,05	0,90	0,95	0,00
ВАЗ-2131	0,00	240	8,77	1,05	0,90	0,95	0,00
ГАЗ-6640	2,00	31	1,13	1,05	0,90	0,60	0,02

УАЗ-451	1,00	72	2,63	1,05	0,90	0,60	0,01
ЛАЗ-5207	0,00	15	0,55	1,05	0,90	0,90	0,72
ЗИЛ-131	5,00	95	3,47	1,05	0,90	0,60	0,07
ЗИЛ-ММЗ-554	4,00	44	1,61	1,05	0,90	0,60	0,12
МАЗ-437040	4,50	47	1,72	1,05	0,90	0,60	0,12
ЗИЛ-133Г	8,00	42	1,53	1,05	0,90	0,60	0,21
ШКОДА-700RFT	24,20	15	0,55	1,05	0,90	0,60	1,53
МАЗ-6422+МАЗ-9389	32,40	33	1,21	1,05	0,90	0,60	3,17
МАЗ-6303	12,70	147	5,37	1,05	0,90	0,60	1,77
ВСЕГО:		2734	100,00				

Результаты приведения к расчетной нагрузке
Приведенный расчет интенсивности:

$$N_p = f_{\text{доп}} \cdot \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_m \quad (1)$$

где N_p - приведенная интенсивность на последний год срока службы, авт/сут;

$f_{\text{пол}}$ - коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним;

n - общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока;

N_m - число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m -й марки;

S_m - суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке $Q_{\text{расч}}$

$$N_p = 0,55 \cdot (278 \cdot 0 + 345 \cdot 0 + 34 \cdot 0 + 90 \cdot 0,06 + 36 \cdot 0,21) = 395,4 \text{ авт/сут}$$

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы определяют по формуле:

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{\text{сд}}-1)}} T_{\text{рдг}} k_n, \quad (2)$$

где $T_{\text{рдг}}$ - расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции;

k_n - коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого;

K_c - коэффициент суммирования;

T_{cl} - расчетный срок службы;
 q - показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам.

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 395,4 \cdot \frac{18}{1,05^{(13-1)}} \cdot 140 \cdot 1,38 = 535973$$

Приведенная суточная интенсивность, приложений на полосу: 395,4.

Минимальный требуемый модуль упругости, МПа: 200,00.

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки за срок службы $\sum N_p$ приложений на полосу: 535973.

Требуемый расчетный модуль упругости, МПа: 215.

Дорожная одежда должна удовлетворять 3 условиям:

- по допускаемому упругому прогибу;
- на растяжение при изгибе;
- на сдвиг в грунте земляного полотна.

Расчет первого варианта дорожной одежды – новая конструкция в местах срезки и уширения существующего покрытия

Таблица 7 - Расчетные характеристики 1 типа

Материал слоя и грунты	Толщина слоя, см	Расчет по упругому прогибу	Расчет по условиям сдвигоустойчивости	Расчет на растяжение при изгибе			
				E, МПа	R ₀	α	m
1 Щебеночно-мастичный асфальтобетон марка 15	6	2400	550	3600	9,5	6,3	5
2 Асфальтобетон горячий на битуме БНД марки 90/130 (Крупнозернистый, Марка II)	8	1400	612	2200	7,8	7,6	4
3 Черный щебень	8	600	510	600	—	—	—
4 Щебеночно-песчаные смеси непрерывной гранулометрии для оснований С5 - 40мм	25	260	260	—	—	—	—
5 Щебенисто-скальный грунт	30	200	200	—	—	—	—

6 Суглинок тяжелый пылеватый	—	42	—	—	—	—	—
------------------------------------	---	----	---	---	---	---	---

Таблица 8 - Расчет слоев дорожной одежды

Слои дорожной одежды	h_i , см	h/D	E_i , МПа	$\frac{E_{\text{общ}}}{E_i}$	$\frac{E_{\text{общ}}^i}{E_i}$	$E_{\text{общ}}'$, МПа
1	2	3	4	5	6	7
1 Щебеночно-мастичный асфальтобетон марка 15	6	$6/37=$ 0,162	2400	$274,4/2400=0,$ 114	0,141	338,4 274,4
2 Асфальтобетон горячий на битуме БНД марки 90/130 (Крупнозернистый, Марка II)	8	$8/37=$ 0,216	1400	$193,8/1400=0,$ 138	0,196	193,8
3 Черный щебень	8	$8/37=$ 0,216	600	$152,88/600=0,$ 255	0,323	152,88
4 Щебеночно-песчаные смеси непрерывной гранулометрии для оснований С5 - 40мм	25	$25/37=$ 0,676	260	$94/260=0,362$	0,588	94
5 Щебенисто-скальный грунт	30	$30/37=0,$ 811	200	$42/200=0,21$	0,47	42
6 Суглинок тяжелый пылеватый	—	—	42	—	—	—

1 Условие прочности для расчета дорожной одежды по допустимому упругому прогибу выражается следующим критерием:

$$\frac{E_{\text{об}}}{E_{\text{тр}}} \geq K_{\text{пр}} \quad (3)$$

где $E_{\text{общ}}$ – общие модули упругости на поверхности слоев, МПа;

$E_{\text{тр}}$ – требуемый модуль упругости, МПа;

$K_{\text{пр}}$ - коэффициент прочности.

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}} = \frac{338,4}{215} = 1,57 \geq 1,1, \text{ условие выполняется}$$

Общая толщина дорожной одежды:

$$h_{\text{ДО}} = 6 + 8 + 8 + 25 + 30 = 77 \text{ см}$$

2 Рассчитываем конструкцию по условию сдвигоустойчивости

Расчет по условию сдвигоустойчивости должен удовлетворять условию:

$$T \leq \frac{T_{\text{пр}}}{K_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где $T_{пр}$ – предельная величина активного напряжения сдвига в той же точке, превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг;

T – расчетное активное напряжение сдвига в расчетной наиболее опасной точке конструкции от действующей временной нагрузки.

Действующие в грунте активные напряжения сдвига вычисляем по формуле:

$$T = p \cdot \bar{\tau}_n \quad (5)$$

где p – расчетное давление от колеса на покрытие;

$\bar{\tau}_n$ – удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяемое по номограмме 3.2 и 3.3.

Для определения $\bar{\tau}_n$ предварительно назначенную дорожную конструкцию приводим к двухслойной расчетной модели.

В качестве нижнего слоя модели принимаем грунт (суглинок тяжелый пылеватый) со следующими характеристиками $E=42$ МПа, $c=0,0075$ МПа, $\varphi=6^\circ$.

При вычислении модуля упругости верхнего слоя модели значения модулей упругости материалов берем из таблицы, при расчетной температуре $+30^\circ\text{C}$ при III дорожно-климатической зоне.

$$E_B = \frac{6 \cdot 550 + 8 \cdot 612 + 8 \cdot 510 + 25 \cdot 260 + 30 \cdot 200}{77} = 321,77 \text{ МПа} \quad (6)$$

$$\text{По отношениям } \frac{E_B}{E_H} = \frac{321,77}{42} = 7,66, \quad \frac{h_B}{D} = \frac{77}{37} = 2,08$$

при $\varphi=5,5^\circ$ с помощью номограммы находим $\bar{\tau}_n=0,0229$ МПа.

Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр}$ в грунте рабочего слоя определяем по формуле:

$$T_{пр} = C_N \cdot K_g + 0,1 \cdot \gamma_{ср} \cdot z_{оп} \cdot \text{tg}\phi_{ст} \quad (7)$$

где C_N – сцепление в грунте земляного полотна или промежуточном песчаном слое;

K_g – коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания;

$z_{оп}$ – глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигустойчивость от верха конструкции;

$\gamma_{ср}$ – средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя;

$\phi_{ст}$ – расчетная величина угла внутреннего трения проверяемого слоя при статическом действии нагрузки.

$$T_{\text{пр}} = 0,0075 \cdot 4 + 0,1 \cdot 0,00192 \cdot 77 \cdot \text{tg}6 = 0,0316$$

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{6 \cdot 2400 + 8 \cdot 2300 + 8 \cdot 2000 + 25 \cdot 1800 + 30 \cdot 1800}{77} = 0,00192 \text{ кг/см}^3 \quad (8)$$

$$T = 0,6 \cdot 0,0229 = 0,0137$$

Проверяем условие:

$$0,0137 < \frac{0,0316}{0,94} = 0,0336$$

Вывод: условие выполняется.

3 Расчет на растяжение при изгибе

Определяем растягивающее напряжение в асфальтобетоне:

$$E_{\text{ср}} = \frac{3600 \cdot 6 + 2200 \cdot 8}{6 + 8} = 2800 \text{ МПа}$$

$$\frac{h_1 + h_2}{D_g} = \frac{6 + 8}{37} = 0,378$$

$$\frac{E_{\text{ср}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{2800}{193,8} = 14,45 \text{ МПа}$$

По номограмме определяем растягивающее напряжение при изгибе от единичной нагрузки в верхнем монолитном слое.

$$\sigma_{\tau} = \bar{\sigma}_{\tau} \cdot p \cdot k_{\sigma} \quad (9)$$

где $k_{\sigma} = 0,85$ - коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия под колесом автомобиля.

$$\bar{\sigma}_{\tau} = 1,8,$$

$$\sigma_{\tau} = 1,8 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 0,92 \text{ МПа}$$

Вычисляем предельное растягивающее напряжение по формуле при $R_0 = 7,8 \text{ МПа}$ для нижнего слоя асфальтобетона:

$$R_N = R_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (1 - \nu_R \cdot t) \quad (10)$$

$$\text{где } K_1 = \frac{\alpha}{m \sqrt{\sum N_p}} = \frac{7,6}{\sqrt[4]{535973}} = 0,281 \quad (11)$$

$$K_2 = 0,8;$$

$$\nu_R = 0,1;$$

$$t = 1,32.$$

$$R_N = 7,8 \cdot 0,281 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,32) = 1,522 \text{ МПа}.$$

Проверяем условие:

$$\frac{R_N}{\sigma_\tau} = \frac{1,522}{0,92} = 1,65 > 1,1 - \text{условие выполняется}.$$

Вывод: выбранная конструкция удовлетворяет всем критериям прочности

4 Расчет на морозоустойчивость

Конструкцию считают морозоустойчивой, если выполняется условие:

$$l_{\text{пуч}} \leq l_{\text{доп}} \quad (12)$$

По карте находим среднюю глубину промерзания для условий Красноярского края и вычисляем глубину промерзания дорожной конструкции:

$$z_{\text{пр}} = 2,2 \text{ м}$$

Определим допустимое морозное пучение:

$$l_{\text{доп}} = 4 \text{ см}$$

По таблицам и графикам находим коэффициенты $K_{\text{утв}}=0,53$; $K_{\text{пл}}=1,0$; $K_{\text{гр}}=1,3$; $K_{\text{нагр}}=0,9$; $K_{\text{вл}}=1,1$.

Определим величину морозного пучения при осредненных условиях:

$$l_{\text{пуч.ср}} = l_{\text{пуч.ср.2,0}} \cdot [a + b \cdot (z_{\text{пр}} - c)] = 0,035 \cdot [1 + 0,16 \cdot (2,2 - 2)] = 0,0361 \text{ м}$$

Величину возможного морозного пучения вычисляем по формуле:

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср}} \cdot K_{\text{утв}} \cdot K_{\text{пл}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{нагр}} \cdot K_{\text{вл}} = 0,0361 \cdot 0,53 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 0,0246 \text{ м}$$

Проверяем условие:

$$l_{\text{пуч}} \leq l_{\text{доп}}, 2,46 < 4$$

Вывод: условие выполняется

Второй и третий тип конструкции дорожной одежды представлен слоями

усиления существующей дорожной одежды.

Из-за отсутствия данных по проведенным испытаниям существующей конструкции дорожной одежды (в данном случае отсутствие фактических модулей упругости существующей конструкции), расчет 2 типа не ведется. Расчет 3 типа не ведется, так как в основании существующего покрытия расположены железобетонные плиты.

Таблица 9 - Расчетные характеристики 2 типа

Материал слоя и грунты	Толщина слоя, см	Расчет по упругому прогибу	Расчет по условиям сдвигоустой- чивости	Расчет на растяжение при изгибе			
				E, МПа	R ₀	α	m
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Щебеночно-мастичный асфальтобетон (Марка 15)	4	2400	550	3600	9,5	6,3	5
2 Асфальтобетон крупнозернистый горячий на битуме БНД марки 90/130 (Марка II)	6	1400	612	2200	7,8	7,6	4
3 Существующее асфальтобетонное покрытие	14	—	—	—	—	—	—
4 Существующие основание из песчано-гравийной смеси	14	—	—	—	—	—	—
5 Существующее основание - галечниковый грунт с песчаным заполнителем 40%	42	—	—	—	—	—	—
6 Суглинок тяжелый пылеватый	—	-	—	—	—	—	—

Таблица 10 - Расчетные характеристики 3 типа

Материал слоя и грунты	Толщина слоя, см	Расчет по упругому прогибу	Расчет по условиям сдвигоус- тойчивости	Расчет на растяжение при изгибе			
				E, МПа	R ₀	α	m

1 Щебеночно-мастичный асфальтобетон (Марка 15)	4	2400	550	3600	9,5	-	-
2 Асфальтобетон крупнозернистый горячий на битуме БНД марки 90/130 (Марка II)	6	1400	612	2200	7,8	-	-
3 Существующее асфальтобетонное покрытие	8	—	—	—	—	—	—
4 Железобетонные плиты	16	—	—	—	—	—	—
5 Песчано-гравийная смесь	12	—	—	—	—	—	—
6 Галечниковый грунт с песчаным заполнителем 40%	38	—	—	—	—	—	—
7 Суглинок тяжелый пылеватый	—	—	—	—	—	—	—

2.6 Искусственные сооружения

Искусственные сооружения представлены круглыми железобетонными и металлическими трубами.

Режим протекания воды – безнапорный.

На ПК 21+34 и ПК 62+36 необходимо заменить железобетонные трубы Ø1,0 м на металлические гофрированные Ø 1,5 м.

Также следует произвести ремонт труб, расположенных на съездах

ПК12+36, ПК 47+02, ПК 65+20, которые находятся в удовлетворительном состоянии.

Таблица 12 - Ведомость малых искусственных сооружений

ПК	+	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги, °	Длина трубы по лотку, м
12	36	Перепуск	Круглая ж/б труба Ø 0,5 м	92	10
21	34	Пониженное место	Круглая мет.гофр. труба Ø 1,5 м	90	21,06

47	02	Перепуск	Круглая ж/б труба Ø 0,5 м	90	11,2
62	36	Лог	Круглая мет.гофр. труба Ø 1,5 м	90	35,1
65	20	Перепуск	Круглая мет.гофр. труба Ø 0,5 м	98	11,73

3 Организация строительства

3.1 Определение сроков выполнения дорожно-строительных работ

Продолжительность капитального ремонта участка автомобильной дороги определена расчетом на основе продолжительности выполнения каждого вида работ, исходя из объемов работ и производительности машин и механизмов.

Начало и окончание производства работ по климатическим условиям устанавливаем, руководствуясь дорожно-климатическим графиком.

Продолжительность капитального ремонта – со 2 мая по 30 сентября.

Определим количество рабочих смен за сезон.

$$T_{рс} = (T_k - T_v - T_{км} - T_{рем} - T_{орг}) \cdot K_{см} \quad (15)$$

где T_k – календарная продолжительность строительного сезона, 150;

T_v – количество выходных дней (суббота, воскресенье), 60;

$T_{км}$ – количество дней простоя по климатическим условиям составляет 3 дня;

$T_{рем}$ – простой по ремонту и профилактики машин и оборудования, $T_{рем} = 2$ дня;

$T_{орг}$ – простой по организационным причинам и перехода с одного места стройки на другое, $T_{орг} = 3$ смены;

$K_{см}$ – коэффициент сменности, $K_{см} = 2$;

$$T_{рс} = (150 - 60 - 3 - 2 - 3) \cdot 2 = 164 \text{ смены.}$$

3.2 Обоснование способов производства работ по капитальному ремонту

Проектом предусмотрено производство работ поточным методом «с колес» с организацией комплексного потока, состоящего из специализированных отрядов, что позволяет повысить качество СМР и сократить сроки ремонта. Запрещается устраивать временные склады (бурты).

Выделяются линейные и сосредоточенные работы. Линейные работы выполняют поточным способом, сосредоточенные - непоточным.

Организация движения автотранспорта на период капитального ремонта предусмотрена по одной половине проезжей части, в соответствии со схемой организации движения на период капитального ремонта участка дороги. Такая организация работ позволяет ограничить движение только по части дороги, закрываемой на некоторое время, при этом машины могут беспрепятственно двигаться по другой половине проезжей части. При строительстве водопропускных труб движение автотранспорта осуществляется по объездной дороге. Работы выполняются захватками по 150-300 м последовательно на половине ширины дороги.

4 Технология производства работ

4.1 Подготовительные работы

4.1.1 Определение объема подготовительных работ

В подготовительный период предусматривается восстановление оси трассы на местности, расчистка площадей от леса на временной полосе, снятие почвенно-растительного слоя, переустройство воздушной линий электропередач на ПК 8+47, 45+55, 65+70, 61+55, 63+45 необходимо произвести переустройство ЛЭП.

Таблица 13 - Объем работ по снятию ПРС и расчистке трассы от леса

ПК	+	Длина участка, м	Ширина, м	Валка леса, га	Корчевка пней, га	Снятие растительного слоя грунта	
						м ²	м ³
62	30		43				
62	88	58	54	0,068	0,068	680	122,4
Всего:				0,068	0,068	Лес – 680/122,4	

Таблица 14 - Объем работ по нарезке кюветов

КМ	Площадь поперечного сечения канавы, м ²	Объем работ по нарезке кюветов, м ³
1	8,16	1632
2	4,8	456
3	6,24	1209,6
4	5,76	1152
5	7,68	1440
6	6,72	1325,7
7	5,76	1180,8
8	7,68	1750,5
Всего на 7,818 км:		10146,6

Примечание: глубина кюветов 0,3 м.

Также необходимо предусмотреть рыхление откосов с целью удержания нового материала на откосах.

Пропуск автомобильного транспорта организован по двум схемам движения:

- движение по половине проезжей части при ремонте дороги;
- устройство объездных дорог на участке замены существующих труб.

На период капитального ремонта водопропускных труб на ПК 21+34 и ПК 62+36 предусматриваются временные объездные дороги для пропуска транзитного транспорта.

Устройство объездных дорог:

ПК 21+34

Рабочий слой земляного полотна отсыпается из скального грунта карьера «Кордон». Дорожная одежда запроектирована облегченного типа. Основание из щебеночно-песчаной смеси С5, толщиной 20см. Покрытие из черного щебня, толщиной 10см. Обочины устраиваются из щебеночно – песчаной смеси С6.

После завершения строительства трубы объездная дорога разбирается. ПК 62+36

Перед отсыпкой земляного полотна выполняются подготовительные работы: рубка леса, корчевка пней с транспортировкой на полигон ТБО, устройство временной круглой одноочковой железобетонной трубы отверстием 1,5м. Сжигание порубочных остатков и пней на месте запрещено.

Рабочий слой земляного полотна отсыпается из скального грунта карьера «Кордон». Дорожная одежда запроектирована облегченного типа. Основание из щебеночно-песчаной смеси С5, толщиной 20см. Покрытие из черного щебня, толщиной 10см. Обочины устраиваются из щебеночно – песчаной смеси С6.

После завершения строительства трубы объездная дорога разбирается. Временную трубу демонтируют и транспортируют на базу строительной организации. Занимаемые площади рекультивируются.

Объездные дороги запроектированы со следующими параметрами: ширина проезжей части 6м, обочины 2м без устройства укрепительных полос.

На участке с ПК 0+00 по ПК 1+00 необходимо произвести уширение земляного полотна. Уширение симметричное и составит 2 м с каждой стороны. По мере удаления от начала уширения его величина будет уменьшаться.

Разборка дорожного покрытия ведется на участках, где необходимо устроить новую конструкцию дорожной одежды. Работы ведутся согласно привязке дорожной одежды (таблица 11 пояснительной записки) для типа 1.

4.1.2 Выбор комплексного машинно-дорожного отряда для подготовительных работ

Таблица 15 - Состав машинно-дорожного отряда

Наименование технологических операций	Источник обоснования	Ед. изм	Объем работ на захватке	Производитель-	Потребное количество	К _з
---------------------------------------	----------------------	---------	-------------------------	----------------	----------------------	----------------

	норм выработки			ность машин	Машино- смен	Машин	
Киркование существующего асфальтобетонно о покрытия бульдозером с кирковщиком	ЕНиР §Е2-1-1 применитель но	м ²	1280	4444	0,29	1	0,29
Перемещение продуктов киркования бульдозером	ЕНиР §Е2-1-22 применитель но	м ³	358,4	1176	0,3	1	0,3
Погрузка продуктов киркования экскаватором	ЕНиР §Е2-1-8 применитель но	м ³	358,4	888,9	0,4	1	0,4
Вывоз продуктов киркования на полигон ТБО автосамосвалами	Расчет	м ³	358,4	79,5	4,5	5	0,9

Состав специализированного отряда для подготовительных работ

Бульдозер с кирковщиком

шт;

Экскаватор

1 шт;

Автосамосвал 10 т

1 шт;

4.2 Строительство водопропускных труб

4.2.1 Определение объема работ по строительству водопропускных сооружений и расчет состава МДО по их устройству

Искусственные сооружения на участке дороги представлены водопропускными трубами, постоянными, капитального типа.

Продолжительность строительства каждой водопропускной трубы определяется по укрупненным показателям в зависимости от ее длины без оголовков.

Определим затраты времени на строительство трубы ($T_{тр}$):

$$T_{тр} = L_{тр} \cdot n_1 + n_2 + 0,5n_3, \quad (16)$$

где n_1 – затраты времени на устройство 1-го погонного метра трубы;

n_2 – затраты времени по сборке двух оголовков;

n_3 – затраты времени на укрепление русла трубы и откосов насыпи около оголовков.

Коэффициент 0,5 введен из-за того, что закончить работы по укреплению откосов насыпи до полного возведения последней невозможно.

Определим сроки строительства для каждой трубы.

ПК 12+36

ПК 21+34

ПК 47+02

ПК 62+36

ПК 65+20

Всего потребуется 28 дней (режим работы двусменный).

Технология строительства водопропускных труб:

- Планировка строительной площадки бульдозером за три прохода по одному следу;
- Разбивка сооружения с выноской осей и устройством обноски;
- Прием инструмента, приспособлений и оборудования и их установка, устройство освещения строительной площадки;
- Прием и складирование пакетов гофрированных элементов, ящиков с крепежными деталями;
- Рытье котлована бульдозером с перемещением грунта до 20 м;
- Доработка грунта в котловане после разработки его бульдозером;
- Зачистка дна котлована вручную со срезкой неровностей, засыпкой углублений;
- Устройство песчаного основания толщиной 40 см;
- Устройство противодиффузионного экрана;
- Планировка поверхности песчаного основания ;
- Укрупнительная сборка секций трубы из отдельных элементов ;
- Укладка секций на деревянные подкладки размером 25×8×200 см
- Сборка трубы из секций;
- Установка окаймляющего уголка;
- Устройство дополнительного защитного слоя битумной мастикой;
- Перемещение грунта бульдозером на расстояние до 20 м ;
- Уплотнение грунта прицепным катком на пневматических шинах Д-263 в сцепе с-80;
- Трамбование грунта электротрамбовками после обратной засыпки слоями 20 см;
- Засыпка трубы грунтом на высоту 0,5 м экскаватором, оборудованным грейферным ковшом.

Технология строительства водопропускных труб представлена на Листе 7 графической части.

Конструкция укрепления русел и откосов насыпи

Укрепление входного и выходного русел и откосов насыпи у гофрированных труб выполнено из монолитного бетона класса В20 по щебеночно-песчаной подготовке.

Монтаж металлических гофрированных труб

Перед началом строительно-монтажных работ по сооружению труб выполняются временные водопропускные канавы, в которые пропускаются дождевые паводки. Грунт отсыпается в бурты вдоль канав. Впоследствии, канавы засыпаются.

Перед началом работ по монтажу следует проверять наличие маркировки изделий, комплектность элементов трубы и крепежа. Проверяется качество алюминиевого покрытия элементов трубы. Установка отбракованных изделий запрещается.

Отдельные элементы (гофролисты) трубы собираются на рабочих площадках в секции из трех или четырех колец. Монтаж труб производится после укрупнительной сборки секций в стороне от оси трубы, с последующим стыкованием секций на месте строительства. При монтаже должны быть приняты меры, исключающие возможность повреждения защитного покрытия.

На месте строительства, наносится дополнительное антикоррозионное покрытие с внешней стороны элементов трубы и крепежных изделий обмазочной гидроизоляцией «Гермокрон – гидро» за два раза. Гидроизоляция поверхностей, засыпаемых грунтом, должна производиться при отсутствии атмосферных осадков по очищенной от грязи поверхности и положительной (не ниже +50С) температуре воздуха.

Особое внимание должно уделяться устройству основания трубы. Для надежного равномерного опирания на грунт необходим контроль уплотнения до 0,95 максимальной стандартной плотности. Основание трубы (подушка) выполнено из песчано-щебеночной смеси.

Засыпку труб следует вести с опережением возведения земляного полотна. Засыпка трубы выполняется грунтом из временного бурта бульдозером равномерно с обеих сторон трубы горизонтальными слоями толщиной 0,15-0,20м (превышение грунта на одной из сторон допускается не более 0,2м). Засыпка у стенок трубы выполняется вручную с подштыковкой грунта в гофрах трубы.

Уплотнение грунта засыпки более 1м от стенки трубы производится грунтоуплотняющими машинами дорожных работ, в непосредственной близости от трубы (до 1м от стенок трубы) ручными пневматическими трамбовками после отсыпки и разравнивания каждого слоя с обеих сторон трубы. Пневмотрамбовки располагаются на расстоянии 5см от гребня гофра. Особое внимание уделяется уплотнению грунта стенок трубы и в гофрах.

Засыпка трубы выполняется песчано-щебеночной смесью фракцией не более 50мм. Транспортировка выполняется из карьера «Кордон» $\gamma_{нас}=1,66\text{т/м}^3$, расстояние до начала трассы 42км.

Таблица 16 – Операционный контроль качества

Технологические операции, подлежащие контролю	Предмет контроля	Метод и средство контроля	Время контроля	Лицо, осуществляющее контроль
Рытье котлована	Соответствие расположения размеров и отметок котлована проекту, устройство водоотвода	Инструментальный Нивелир, теодолит мерная лента	В процессе устройства	Прораб (геодезист)
Устройство основания	Ровность поверхности основания, высотные отметки, качество уплотнения	Инструментальный Нивелир, трехметровая рейка	В процессе производства работ	Мастер
Монтаж трубы	Обеспечение строительного подъема, точность установки элементов, качество омоноличивания элементов	Инструментальный Нивелир, мерная лента	В процессе монтажа	Мастер (геодезист)
Гидроизоляционные работы	Качество устройства слоев гидроизоляции	Визуальный	В процессе производства работ	Мастер
Засыпка трубы грунтом	Послойное ведение засыпки, послойное уплотнение, качество грунта	Инструментальный Нивелир, мерная лента	В процессе производства работ	Мастер
Укрепительные работы	Соответствие проекту укрепительных работ, качество материалов, качество устройства основания	Инструментальный Нивелир, мерная лента	В процессе производства работ	Мастер

Таблица 17 – Допустимые отклонения

Допустимые отклонения	Величина	Количество замеров
Отклонение продольной оси трубы в плане и профиле (при условии отсутствия застоя воды)	30 мм	1
Размеры звеньев трубы: По длине По толщине стенок	0,-10 -5,+10	Все детали Все детали
Смещение осей смежных звеньев (при условии недопущения участков с застоем воды)	10 мм	Все звенья
Отклонение величины зазора: Между секциями фундамента Звеньями трубы	-5, +10 мм 5 мм	Все блоки Все блоки
Размеры котлована под фундамент трубы	50 мм	Все блоки

Состав специализированного отряда по строительству круглых металлических гофрированных труб:

Экскаватор	- 1 шт.
Бульдозер	- 1 шт.
Автокран	- 1 шт.
Трамбовки пневматические	- 1 шт.;
Компрессоры передвижные давлением до 686 кПа	- 1 шт.;
Котлы битумные передвижные 400л	- 1 шт.;
Автопогрузчики 5 т	- 1 шт.;
Вибратор глубинный	- 1 шт.;
Автосамосвалы г.п. 10т	- 1 шт..
Рабочая сила на одну смену:	
Гидроизолировщики	3 чел;
Дорожные рабочие	3 чел

4.3 Строительство дорожной одежды

4.3.1 Определение потребности в дорожно-строительных материалах для устройства дорожной одежды

Потребный объем сыпучих материалов устройства конструктивного слоя дорожной одежды может быть определен по формуле:

$$Q = B \cdot h \cdot L \cdot K_y \cdot K_n \quad (17)$$

где B – средняя ширина слоя, м;

h - толщина слоя, м;

K_y - коэффициент запаса на уплотнение материала;

K_n - коэффициент, учитывающий потери материала.

Коэффициент запаса на уплотнение зависит от вида материала и ориентировочно может быть принятым для щебня 1,25-1,3, для песчано-песчаной смеси 1,22.

Расход воды для увлажнения материала при уплотнении принимают по расчету.

Расчет объемов для участков трассы с заложением откосов 1:4.

1 Устройство слоя из щебенисто-скального грунта:

$$Q = \left(\frac{18,16 + 15,76}{2} \right) \cdot 0,30 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 6,36 \text{ м}^3;$$

$$Q_{\text{воды}} = \left(\frac{15,76 \cdot 0,9}{100} \right) = 0,142 \text{ м}^3.$$

5 Устройство слоя из песчано-щебеночной смеси:

$$Q = \left(\frac{15,76 + 13,6}{2} \right) \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 = 4,48 \text{ м}^3;$$

$$Q_{\text{воды}} = \left(\frac{13,6 \cdot 0,9}{100} \right) = 0,122 \text{ м}^3.$$

6 Устройство слоя из черного щебня

$$Q_{\text{ч/щ}} = 7 \cdot 0,06 \cdot 2,3 = 1,10 \text{ м}^3;$$

$$Q_{\text{битум}} = 0,6 \cdot 7 \cdot 1 = 4,2 \text{ л.}$$

7 Устройство слоя из крупнозернистого асфальтобетона, М II:

$$Q_{\text{а/б к/з}} = 8 \cdot 0,08 \cdot 2,3 = 1,47 \text{ м}^3;$$

$$Q_{\text{битум}} = 0,5 \cdot 8 \cdot 1 = 4,0 \text{ л.}$$

8 Устройство слоя из щебеночно-мастичного асфальтобетона М 15:

$$Q_{\text{а/б щ/м}} = 8 \cdot 0,06 \cdot 2,5 = 1,2 \text{ м}^3;$$

$$Q_{\text{битум}} = 0,3 \cdot 8 \cdot 1 = 2,4 \text{ л.}$$

9 Устройство присыпных обочин из ПЩС:

$$\text{Площадь сечения обочин } S = 2,08 \text{ м}^2;$$

$$Q_{\text{ПЩС}} = 2,08 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 2,6 \text{ м}^3;$$

$$Q_{\text{воды}} = \left(\frac{5,0 \cdot 0,9}{100} \right) = 0,045 \text{ м}^3.$$

Таблица 18 - Определение потребности в дорожно-строительных материалах

Наименование материала	Источник обоснования расхода	Единицы измерения	Потребность в материалах		
			на 1 п.м.	на захватку	на всю трассу
1	2	3	4	5	6
Устройство слоя основания из щебенисто-скального грунта, толщиной 30 см; Длина захватки – 168 м					

Щебенисто-скальный грунт	По расчету	м³	6,36	1067	15454,8
Вода	По расчету	м³	0,142	23,86	343,64
Устройство слоя основания из песчано-щебеночной смеси, толщиной 25 см; Длина захватки – 238 м					
Песчано-щебеночная смесь	По расчету	м³	4,48	1067	10886,4
Вода	По расчету	м³	0,122	29,04	295,24
Устройство верхнего слоя основания из черного щебня, толщиной 8 см; Длина захватки – 196 м					
Битум	По расчету	л	4,2	823,2	2673
Черный щебень	По расчету	т	1,1	216	10206
Устройство нижнего слоя покрытия из крупнозернистого асфальтобетона, толщиной 8 см; Длина захватки – 147 м					
Битум	По расчету	л	4,0	588	31272
к/з а/б	По расчету	т	1,47	216	11492,46
Устройство верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона, толщиной 6 см; Длина захватки – 152 м					
Битум	По расчету	л	2,4	364,8	43780,8
м/з а/б	По расчету	т	1,2	181,8	9381,6

Таблица 19 – Объемы основных дорожно-строительных работ

Наименование операции	Единицы измерения	Объем работ		
		на 1 п.м.	на захватку	на всю трассу
2	3	4	5	6
Устройство слоя основания из щебенисто-скального грунта. L _{захв.} – 168 м				
1 Разработка щебенисто-скального грунта экскаватором с погрузкой в автосамосвалы	м³	6,36	1067	15391,2
2 Транспортировка грунта	м³	6,36	1067	15391,2
3 Разравнивание слоя	м²	15,76	2647,68	38139,2
4 Увлажнение слоя	м³	0,142	23,86	343,64
5 Уплотнение щебенисто-скального грунта	м²	15,76	2647,68	15391,2
Устройство слоя основания из песчано-щебеночной смеси. L _{захв.} – 238 м				
6 Разработка ПЩС с погрузкой в автосамосвалы	м³	4,48	1067	10841,6
7 Транспортировка ПЩС с выгрузкой на нижний слой основания	м³	4,48	1067	10841,6
8 Разравнивание слоя	м²	13,6	3236,8	32912
9 Увлажнение слоя	м³	0,122	29,04	295,24
10 Уплотнение слоя	м²	13,6	3236,8	32912
Устройство верхнего слоя основания из черного щебня. L _{захв.} – 196 м				

11 Розлив подгрунтовки из жидкого битума	л	4,0	784	31272
12 Приготовление ч/щ на АБЗ	т	1,1	216	8599,8
13 Транспортировка с выгрузкой в асфальтоукладчик	т	1,1	216	8599,8
14 Распределение асфальтоукладчиком	м ²	8,0	1568	62544
15 Укатка средним катком 16т	м ²	8,0	1568	62544
16 Окончательное уплотнение катком 18т	м ²	8,0	1568	62544
Устройство нижнего слоя покрытия из крупнозернистого асфальтобетона. L _{зазв.} – 147 м				
17 Очистка основания от пыли	м ²	8,0	1176	62544
18 Подгрунтовка основания жидким битумом	л	4,2	617,4	32835
19 Приготовление а/б смеси на АБЗ	т	1,47	216	11492
20 Транспортировка с выгрузкой в асфальтоукладчик	т	1,47	216	11492
21 Распределение а/б смеси асфальтоукладчиком	м ²	8,0	1176	62544
22 Укатка катком 16 т	м ²	8,0	1176	62544
23 Окончательное уплотнение катком 18 т	м ²	8,0	1176	62544
Устройство верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона. L _{зазв.} – 152 м				
24 Очистка основания от пыли	м ²	8,0	1216	62544
25 Розлив подгрунтовки из жидкого битума	л	2,4	364,8	18763,2
26 Приготовление а/б смеси на АБЗ	т	1,2	181,8	9382
27 Транспортировка с выгрузкой в асфальтоукладчик	т	1,2	181,8	9382
28 Распределение а/б асфальтоукладчиком	м ²	8,0	1216	62544
29 Укатка катком 16 т	м ²	8,0	11216	62544
30 Окончательное уплотнение катком 18т	м ²	8,0	1216	62544
Устройство присыпных обочин. L _{зазв.} – 275 м				
31 Разработка экскаватором емкостью ковша 0,8 м ³ ПЩС для обочин с погрузкой в автосамосвалы	м ³	2,08	571	16261
32 Транспортировка и выгрузка ПЩС на обочины	м ³	2,08	571	16261
33 Разравнивание ПЩС	м ²	5,0	1375	39090
34 Увлажнение ПЩС	м ²	0,045	12,38	352
35 Уплотнение ПЩС	м ²	5,0	1375	39090
21 Распределение а/б смеси асфальтоукладчиком	м ²	8,0	1176	62544
22 Укатка катком 16 т	м ²	8,0	1176	62544
23 Окончательное уплотнение катком 18 т	м ²	8,0	1176	62544

Устройство верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона. L _{зазв.} – 152 м				
24 Очистка основания от пыли	м ²	8,0	1216	62544
25 Розлив подгрунтовки из жидкого битума	л	2,4	364,8	18763,2
26 Приготовление а/б смеси на АБЗ	т	1,2	181,8	9382
27 Транспортировка с выгрузкой в асфальтоукладчик	т	1,2	181,8	9382
28 Распределение а/б асфальтоукладчиком	м ²	8,0	1216	62544
29 Укатка катком 16 т	м ²	8,0	11216	62544
30 Окончательное уплотнение катком 18т	м ²	8,0	1216	62544
Устройство присыпных обочин. L _{зазв.} – 275 м				
31 Разработка экскаватором емкостью ковша 0,8 м ³ ПЩС для обочин с погрузкой в автосамосвалы	м ³	2,08	571	16261
32 Транспортировка и выгрузка ПЩС на обочины	м ³	2,08	571	16261
33 Разравнивание ПЩС	м ²	5,0	1375	39090
34 Увлажнение ПЩС	м ²	0,045	12,38	352
35 Уплотнение ПЩС	м ²	5,0	1375	39090

4.3.2 Определение границ использования карьеров и средней дальности возки материалов

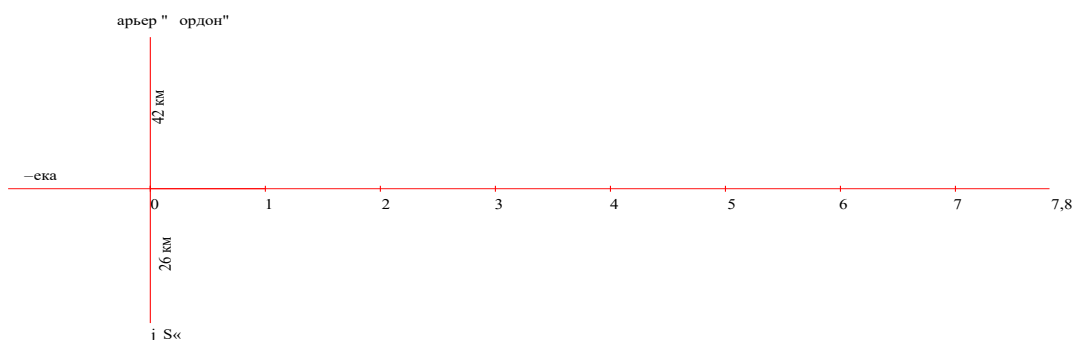


Рисунок 3 – Зоны действия объектов снабжения материалами

Средняя дальность возки материалов:

$$L_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot l_1 \cdot (L_1 + L_2) + L_1^2 + L_2^2}{2 \cdot (L_1 + L_2)} \quad (18)$$

1 Средняя дальность возки из карьера «Кордон»:

$$L_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 42 \cdot (0 + 7,8) + 7,8^2}{2 \cdot (0 + 7,8)} = 45,9 \text{ км};$$

2 Средняя дальность возки асфальтобетонной смеси с АБЗ:

$$L_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 26 \cdot (0 + 7,8) + 7,8^2}{2 \cdot (0 + 7,8)} = 29,9 \text{ км};$$

3 Средняя дальность возки воды из реки:

$$L_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 2,06 \cdot (0 + 7,8) + 7,8^2}{2 \cdot (0 + 7,8)} = 5,96 \text{ км}.$$

4.3.3 Организация материально-технического снабжения

Таблица 20 - Организация материально-технического снабжения

Наименование материала	Обеспечиваемый участок дороги, км		Место получения материала	Средне-взвешенная дальность возки, км	Количество перевозимых грузов	
	от	до			м³	т
Щебенисто-скальный грунт	0	7,818	Карьер «Кордон»	45,9	8550,7	15391,2
Вода	0	7,818	Река	5,96	343,64	343,64
Щебеночно-песчаная смесь	0	7,818	Карьер «Кордон»	45,9	6776	10841,6
Вода	0	7,818	река	5,96	295,24	295,24
Черный щебень	0	7,818	Карьер «Кордон»	45,9	–	8599,8
Битум	0	7,818	АБЗ	29,9	2,673	2,673
А/б к/з смесь,	0	7,818	АБЗ	29,9	–	11492,46
Битум	0	7,818	АБЗ	29,9	31,272	31,272
ЦМА	0	7,818	АБЗ	29,9	–	9381,6
Битум	0	7,818	АБЗ	29,9	18,7632	18,7632
ПЩС для обочин	0	7,818	Карьер «Кордон»	45,9	16261,44	26018,3
Вода	0	7,818	Река	5,96	352	352

4.3.4 Расчет состава МДО по устройству дорожной одежды

Для обеспечения высокой экономической эффективности дорожного строительства, обоснование рациональной технологической схемы производства работ, назначение оптимальной длины захватки, выбор ведущей и вспомогательных машин должны производиться комплексно, в зависимости от требуемого критерия оптимизации.

Ведущей выбирается машина, выполняющая основной объем работ и, как правило, наиболее дорогостоящая. При разработке комплексной механизации дорожной одежды применяем принцип неравенства длин захваток всех специализированных потоков, то есть стремятся к тому, чтобы наибольшая длина захватки была впереди идущего звена.

Производительность строительной техники определяется по формуле:

$$П = \frac{T \cdot V}{H_{вр}}, \quad (19)$$

где Т - продолжительность рабочей смены - 8 часов;

V - объем работ;

H_{вр}- норма времени по ЕНиР.

Производительность автосамосвала:

$$П = \frac{T \cdot k_n \cdot q \cdot k_g \cdot k_v}{2 \cdot \frac{l_{cp}}{V_{cp}} + t_{пр}}, \quad (20)$$

где k_н - коэффициент использования пробега;

q - грузоподъемность автомобиля;

k_г - коэффициент использования грузоподъемности;

k_в- коэффициент использования времени;

l_{ср} - среднее расстояние транспортировки груза, км;

V_{ср} - среднетехническая скорость движения автомобиля, км/час;

t_{пр} - продолжительность простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой, час.

Производительность автогудронатора и поливомоечной машины:

$$П = \frac{T \cdot q \cdot k_g}{2 \cdot \frac{l_{cp}}{V_{cp}} + t_n + t_p}, \quad (21)$$

где q - вместимость цистерны автомобиля, м³;

t_н - продолжительность наполнения цистерны, час;

t_р - продолжительность розлива, час.

Определение длины сменной захватки

Максимальная захватка может быть определена по сменной производительности выбранной ведущей машины с учетом потребности материала для устройства 1 погонного метра слоя:

$$l_{\text{зах.мах}} = \frac{П_{\text{в.м}} \cdot K_3}{q_{1\text{пог.м}}} \quad (22)$$

1 Длина сменной захватки на устройство слоя основания из щебенисто-скального грунта:

$$l_{\text{захв}} = \frac{1067 \cdot 1}{6,36} = 168 \text{ м}$$

2 Длина сменной захватки на устройство верхнего слоя основания из ПЩС:

$$l_{\text{захв}} = \frac{1067 \cdot 1}{4,48} = 238 \text{ м}$$

3 Длина сменной захватки на устройство верхнего слоя основания из черного щебня:

$$l_{\text{зах}} = \frac{216 \cdot 1}{1,1} = 196 \text{ м}$$

4 Длина сменной захватки на устройство нижнего слоя покрытия из крупнозернистой асфальтобетонной смеси:

$$l_{\text{зах}} = \frac{216 \cdot 1}{1,47} = 147 \text{ м}$$

5 Длина сменной захватки на устройство верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона:

$$l_{\text{зах}} = \frac{181,8 \cdot 1}{1,2} = 152 \text{ м}$$

6 Длина сменной захватки на устройство обочин из ЩПС:

$$l_{\text{захв}} = \frac{571 \cdot 1}{2,08} = 275 \text{ м.}$$

Таблица 21 – Состав специализированного потока по строительству дорожной одежды

Наименование технологических операций	Источник обоснования норм	Ед. изм.	Объем работ на захватку	Производительность машин	Потребное количество		K _з
					маш-смен	машин	
2	3	4	5	6	7	8	9
Устройство слоя основания из щебенисто-скального грунта на захватке 168 м							

1 Разработка грунта экскаватором с ковшом емкостью 1,6 м³	ЕНиР 2-1-8	м³	1067	1067	1	1	1
2 Транспортировка грунта автосамосвалами 10 т	Расчет	м³	1067	164	6,5	7	0,93
3 Разравнивание грунта автогрейдером ДЗ-143	ЕНиР 17-1	м²	2647,6 8	4444	0,6	1	0,6
4 Транспортировка воды и увлажнение поливомоечной машиной ПМ-130	Расчет	м³	23,86	94,2	0,25	1	0,25
5 Уплотнение слоя катком массой 25 т за 9 проходов по одному следу	ЕНиР 2-29	м²	2647,6 8	4938	0,54	1	0,54

Устройство слоя основания из песчано-щебеночного смеси на захватке 238 м							
6 Разработка ПЩС экскаватором с емкостью ковша 1,6 м³ с погрузкой в автосамосвалы	ЕНиР 2-1-8	м³	1067	1067	1	1	1
7 Транспортировка ПЩС автосамосвалами 10 т	Расчет	м³	1067	164	6,5	7	0,93
8 Разравнивание ПЩС автогрейдером ДЗ-143	ЕНиР 17-1	м²	3236,8	4444	0,73	1	0,73
9 Транспортировка воды и увлажнение поливомоечной машиной ПМ-130	Расчет	м³	29,04	92,2	0,31	1	0,31
10 Уплотнение катком массой 25 т за 8 проходов по одному следу	ЕНиР 17-3	м²	3236,8	5714	0,57	1	0,57
Устройство верхнего слоя основания из черного щебня на захватке 196 м							
11 Подгрунтовка основания автогудронатором ДС - 53А	Расчет	л	0,784	32,6	0,024	1	0,024
12 Приготовление черного щебня на установке на АБЗ	ЕНиР 17-67	т	216	216	1	1	1

13 Транспортировка черного щебня автосамосвалами 10 т с выгрузкой в бункер асфальтоукладчика	Расчет	т	216	65,7	3,3	4	0,83
14 Распределение черного щебня асфальтоукладчиком	ЕНиР 17-6	м ²	1568	2051	0,68	1	0,76
15 Укатка черного щебня катком массой 16 т за 6 проходов по одному следу	ЕНиР 17-7	м ²	1568	3077	0,45	1	0,51
16 Окончательное уплотнение черного щебня катком 18 т за 6 проходов по одному следу	ЕНиР 17-7	м ²	1568	3077	0,45	1	0,51

2	3	4	5	6	7	8	9
Устройство нижнего слоя покрытия из крупнозернистого асфальтобетона на захватке 147							
17 Очистка основания от пыли и грязи механической щеткой КДМ-130	ЕНиР 20-2-26	м ²	1176	26667	0,044	1	0,044
18 Подгрунтовка основания автогудронатором ДС-	Расчет	л	0,617	32,6	0,019	1	0,019
19 Приготовление асфальтобетонной смеси на АБЗ	ЕНиР 17-67	т	216	216	1	1	1
20 Транспортировка асфальтобетонной смеси автосамосвалами 10 т с выгрузкой в бункер асфальтоукладчика	Расчет	т	216	65,7	3,3	4	0,83
21 Укладка крупнозернистой асфальтобетонной смеси асфальтоукладчиком	ЕНиР 17-6	м ²	1176	3200	0,37	1	0,37
22 Укатка асфальтобетонной крупнозернистой смеси катком массой 16 т за 8 проходов по одному следу	ЕНиР 17-7	м ²	1176	3200	0,37	1	0,37

23 Окончательное уплотнение асфальтобетонной крупнозернистой смеси катком массой 18 т за 8 проходов по одному	ЕНиР 17-7	м ²	1176	3200	0,37	1	0,37
Устройство верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона, М 15 на захватке 152 м							
24 Очистка основания от пыли и грязи механической щеткой КДМ-130	ЕНиР 20-2-26	м ²	1216	26667	0,046	1	0,046
25 Подгрунтовка основания автогудронатором ДС-53А	Расчет	л	0,3648	32,6	0,011	1	0,011
26 Приготовление щебеночно-мастичной смеси на АБЗ	ЕНиР 17-67	т	181,8	181,8	1	1	1

2	3	4	5	6	7	8	9
27 Транспортировка смеси автосамосвалами 10 т с выгрузкой в бункер	Расчет	т	181,8	65,7	2,77	3	0,92
28 Укладка асфальтобетонной смеси асфальтоукладчиком	ЕНиР 17-6	м ²	1216	3200	0,38	1	0,38
29 Укатка смеси катком массой 6 т за 3 прохода по одному следу	ЕНиР 17-7	м ²	1216	3809	0,32	1	0,32
30 Окончательное уплотнение смеси катком массой 10 т за 4 прохода по одному следу	ЕНиР 17-7	м ²	1216	4000	0,30	1	0,30
Устройство обочин из ПЩС на захватке 216 м							
31 Разработка ПЩС экскаватором с ковшом емкостью 0,8 м ³	ЕНиР 2-1-8	м ³	571	571	1	1	1
32 Транспортировка ПЩС автосамосвалами 10 т	Расчет	м ³	571	164	3,48	4	0,87

33 Разравнивание ЩПС автогрейдером ДЗ-143	ЕНиР 17-1	м ²	1375	4444	0,31	1	0,31
34 Транспортировка воды и увлажнение поливомоечной машиной ПМ-130	Расчет	м ³	12,38	92,2	0,13	1	0,13
35 Уплотнение слоя ЩПС катком массой 25 т за 8 проходов по одному следу	ЕНиР 17-3	м ²	1375	3922	0,35	1	0,35

Данная технология производства работ соответствует 1 типу дорожной одежды.

Для 2 типа дорожной одежды применяют следующие операции:

- Очистка покрытия от пыли и грязи;
- Устройство выравнивающего слоя из черного щебня толщиной 1-10 см;
- Укладка геосинтетического материала;
- Устройство нижнего слоя покрытия из крупнозернистого асфальтобетона, толщина слоя 8 см;
- Устройство верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона толщиной 6 см.

Для 3 типа конструкции дорожной одежды следует выполнить:

- Снятие существующего слоя покрытия толщиной 8 см;
- Ремонт железобетонных плит, лежащих в основании;
- Устройство выравнивающего слоя из черного щебня толщиной 1-10 см;
- Устройство нижнего слоя покрытия из крупнозернистого асфальтобетона, толщина слоя 8 см;
- Устройство верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона толщиной 6 см.

4.4 Разработка технологических карт на выполнение отдельных видов дорожно-строительных работ

Технологическая карта на устройство верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона

Верхний слой асфальтобетонного покрытия равен 6 см.

В технологической карте принят механизированный способ выполнения работ с применением асфальтоукладчика, автомобилей-самосвалов КамАЗ и гладковальцовых катков.

Покрытия из горячих асфальтобетонных смесей устраивают в сухую погоду весной и летом при температуре воздуха не ниже 5 °С, осенью - при температуре воздуха не ниже 10 °С.

Смеси ЩМА следует укладывать на заранее подготовленную поверхность основания.

При необходимости проводят ямочный ремонт, разделку и санирование трещин старого асфальтобетонного покрытия, фрезерование поверхности под проектную отметку или укладку выравнивающего слоя из асфальтобетона.

Выполняют следующие технологические операции:

- очистка основания от пыли и грязи;
- розлив битума (подгрунтовка основания);
- подвозка горячей щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси для верхнего слоя покрытия автомобилями-самосвалами;
- выгрузка смеси в бункер асфальтоукладчика;
- распределение смеси асфальтоукладчиком;
- уплотнение верхнего слоя покрытия.

Поверхность верхнего слоя основания до укладки асфальтобетонной смеси должна быть очищена от пыли и грязи за два прохода по одному следу механической щеткой.

Битум распределяют не менее чем за 4 часа до укладки нижнего покрытия. Этого времени достаточно для полного испарения воды после распада битума.

Для обеспечения сцепления поверхность нижнего слоя очищают от пыли и грязи механическими щетками, сжатым воздухом от передвижного компрессора или другими средствами, после чего обрабатывают органическим вяжущим - битумом.

На обрабатываемую поверхность наносится жидкий битум, предварительно нагретый до рабочей температуры. Подгрунтовка распределяется автогудронатором с расходом битума 0,2-0,3 л/м². Перерасход битума в связующем слое не допускается. Пролитый и «лишний» битум необходимо удалить. Если по принятой технологии требуется повышенный расход вяжущего для подгрунтовки, то это следует учитывать при подборе состава смеси.

Горячая щебеночно-мастичная смесь укладывается и уплотняется как стандартная смесь обычными асфальтоукладчиками и гладковальцовыми катками. Укладку рекомендуется производить по возможности на полную ширину проезжей части асфальтоукладчиками на гусеничном ходу, оснащенными автоматическими системами обеспечения ровности и поперечного уклона. Число одновременно работающих укладчиков зависит от общей ширины покрытия и ширины уплотняющих рабочих органов. Асфальтоукладчики во время укладки должны располагаться уступом на расстоянии друг от друга 10-30 м в зависимости от погодных условий. Автоматическая система выдерживания ровности должна работать от копирной струны, датчика поперечного уклона, опорного башмака или от длинной копирной лыжи в зависимости от принятого технологического регламента укладки.

При укладке слоя не на полную ширину технологические захваты должны соответствовать применяемой технике и обеспечивать минимальную протяженность «холодных» продольных и поперечных стыков при сопряжении укладываемых полос.

Перед началом укладки асфальтоукладчики устанавливаются в исходное положение и подготавливаются к работе согласно инструкции по эксплуатации:

- выглаживающую плиту располагают на деревянных брусках (стартовых колодках) параллельно основанию на высоту проектной толщины слоя и припуска на уплотнение 5-10 % (проектной толщины слоя) и затем прогревают до температуры 150 ° С в течение 10-20 мин в зависимости от погодных условий;
- задают угол атаки выглаживающей плите 2-3°;
- настраивают автоматическую систему обеспечения ровности и поперечного уклона;
- проверяют соответствие длины и высотного положения распределительного шнека укладчика геометрическим размерам укладываемого слоя ЩМА (расстояние от нижней кромки лопасти шнека до поверхности основания должно составлять примерно половину толщины слоя);
- настраивают датчики подачи смеси, поддерживающие определенный уровень материала на концах шнекового распределителя;
- устанавливают режим работы трамбующего бруса и виброплиты: ход трамбующего бруса должен быть 5-6 мм, частота ударов трамбующего бруса около 1000 мин⁻¹, частота вибрации виброплиты в пределах 40 Гц. Вибрацию следует включать только в крайних случаях и при толщине устраиваемого слоя не меньше трехкратного размера зерен щебня в смеси.

После прохода асфальтоукладчика на поверхности уложенного слоя ЩМА не должно быть трещин, раковин, нарушения сплошности и других дефектов. Замеченные дефекты можно исправить вручную до начала уплотнения слоя катками путем добавления и разравнивания горячей смеси в этих местах. Однако следует иметь в виду, что липкость смесей ЩМА значительно выше, чем обычных смесей для плотного асфальтобетона по [5]. Для ручных работ щебеночно-мастичная смесь «тяжелая».

Для получения ровной поверхности слоя износа необходимо обеспечивать непрерывность укладки щебеночно-мастичной смеси. Рекомендуемая скорость укладки не менее 2-3 м/мин и зависит от поставки асфальтобетонной смеси к асфальтоукладчикам.

Расстояние от автомобилей-самосвалов с горячей смесью до асфальтоукладчика должно быть таким, чтобы не мешать их работе, успеть подъехать задним ходом к непрерывно движущемуся асфальтоукладчику и остановиться за 30-60 см до упорных роликов. Смесь постепенно загружают в бункер укладчика, который толкает упорами снятый с тормозов автомобиль-самосвал с поднятым кузовом. Смесь должна равномерно поступать из кузова автомобиля-самосвала в бункер укладчика по мере ее расхода. Если смесь

просыпалась мимо бункера, то ее следует убрать лопатами с мест прохода гусениц.

Асфальтобетонную смесь необходимо равномерно доставлять ко всем одновременно работающим укладчикам.

Регулирующие заслонки каждого пластинчатого питателя укладчика должны быть отрегулированы для равномерной подачи смеси в шнековую камеру. Асфальтобетонная смесь должна заполнять ее на уровне либо немного выше оси вала шнека. Если система подачи смеси отрегулирована, то пластинчатые контейнеры и шнеки с каждой стороны укладчика будут редко простаивать. Непрерывная работа органов подачи материала обеспечивает постоянный уровень смеси перед свободно плавающей выглаживающей плитой и является основным условием получения ровной поверхности покрытия.

При непродолжительных перерывах в доставке смеси ее не рекомендуется полностью вырабатывать из бункера асфальтоукладчика. Бункер всегда должен быть заполнен не менее чем на 25 %. В случае вынужденной остановки асфальтоукладчика на 15-20 мин оставшуюся смесь из бункера необходимо переместить в обогреваемую шнековую камеру, так как смеси ЩМА при охлаждении затвердевают быстрее, чем стандартные асфальтобетонные смеси. При продолжительных перерывах поступления смеси с АБЗ следует израсходовать всю смесь, находящуюся в бункере, в шнековой камере и под плитой асфальтоукладчика.

Особое внимание необходимо уделять устройству «холодных» продольных и поперечных стыков при сопряжении укладываемых полос. Поперечные сопряжения должны быть перпендикулярны оси дороги. Края ранее уложенной полосы обрубает вертикально и смазывают битумом или битумной эмульсией. Холодный поперечный стык необходимо прогреть, установить укладчик таким образом, чтобы виброплита находилась над краем ранее уложенного слоя покрытия, затем наполнить шнековую камеру горячей смесью.

При работе одного укладчика длина полосы укладки, позволяющая обеспечить хорошее сопряжение смежных полос, назначается в пределах от 50 до 200 м в зависимости от скорости охлаждения. При укладке слоя износа сопряженными полосами работу организуют так, чтобы в конце смены слой был уложен на всю ширину покрытия. При сопряжении слоя горячей смеси с краем остывшего покрытия последний целесообразно разогревать линейными инфракрасными разогревателями.

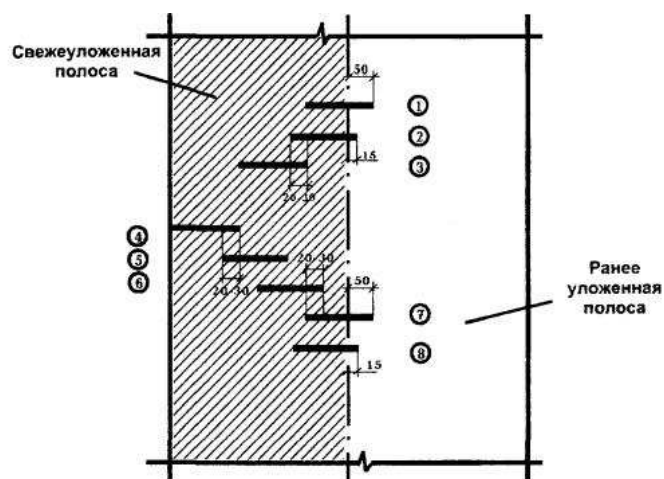


Рисунок 5 - Схема уплотнения асфальтобетонной смеси при работе одним асфальтоукладчиком (размеры в см): ① , ② , ③ ... - номера проходов катка

Для уплотнения слоев ЩМА наиболее пригодны тяжелые гладковальцовые катки массой 8-10 т, стальные вальцы которого смачиваются в процессе укатки мыльным раствором, водно-керосиновой эмульсией или водой. Катки на пневматических шинах применять не рекомендуется, так как при высоких температурах возможно налипание объемного битума ЩМА к резине шин. Только на заключительной стадии уплотнения при хорошо разогретых шинах возможно их использование.

Уложенный слой ЩМА следует уплотнять при максимальной температуре тяжелыми гладковальцовыми катками статического действия, которые должны двигаться короткими захватками со скоростью 5-6 км/ч как можно ближе к асфальтоукладчику.

При наличии поперечных сопряжений и продольных «холодных» стыков уплотнение следует начинать с них. Для сопряжения слоя с «холодной» полосой необходимо, чтобы свой первый проход каток осуществлял по ранее уложенной полосе укладки, перекрывая свежеложенный слой на ширину 20-30 см. Перед катком в непосредственной близости от асфальтоукладчика должен постоянно находиться рабочий, задача которого сдвигать лишнюю смесь с «холодной» полосы на уплотняемый свежеложенный слой горячей смеси.

В процессе уплотнения катки должны двигаться по укатываемой полосе челночно от ее краев к оси дороги, а затем от оси к краям, перекрывая каждый след на 20-30 см. Первый проход необходимо начинать, отступив от края покрытия на 10 см. Края уплотняются после первого прохода катка по всей длине полосы. Схема укатки должна обеспечивать равномерное уплотнение по всей ширине укатываемого полотна, что достигается одинаковым числом проходов катков по одному следу.

В случае устройства покрытия сопряженными полосами при уплотнении первой полосы необходимо следить за тем, чтобы вальцы катка находились на расстоянии не менее 10 см от кромки сопряжения. При уплотнении второй полосы первые проходы катка должны выполняться по продольному сопряжению с ранее уложенной полосой.

Уплотнять слой ЩМА катком с включенной вибрацией не рекомендуется, а при температуре щебеночно-мастичной смеси ниже 100°C, укладке смеси на жесткое основание, а также устройстве тонких слоев ЩМА - запрещается. Слои увеличенной толщины допускается уплотнять с вибрацией только при достаточно высокой температуре смеси после одного прохода по одному следу гладковальцевого катка статического действия. Для эффективного уплотнения достаточно 1-2 проходов.

Очень важно осуществлять быстрое уплотнение ЩМА при температурах не ниже 80°C, особенно при устройстве тонких слоев покрытий, так как их охлаждение происходит быстрее. За одним асфальтоукладчиком должны находиться, как правило, два тяжелых гладковальцовых катка статического действия. Требуемая степень уплотнения слоя ЩМА обычно достигается за 4 прохода катка по одному следу.

Безопасность труда

К работе по устройству асфальтобетонных покрытий допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр, а также обучение и инструктаж по безопасности труда.

Лица, допускаемые к эксплуатации дорожных машин (асфальтоукладчика, автогудронатора, катка), должны иметь удостоверение на право работы на них.

При проведении работ необходимо принять меры по обеспечению безопасности движения. С этой целью на участках проведения работ до их начала устанавливаются временные дорожные знаки, ограждения и направляющие устройства, а в необходимых случаях устраивают объезд. Ограждение места работ производят с помощью ограждающих щитов, штакетных барьеров, стоек, вешек, конусов, шнуров с цветными флажками, сигнальных огней.

Схемы организации движения и ограждения мест работ независимо от того, являются они типовыми или индивидуальными, а также сроки проведения работ утверждаются руководителем дорожной организации и согласовываются с органами ГИБДД. При составлении схем организации движения в местах проведения дорожных работ необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- предупредить заранее водителей транспортных средств и пешеходов об опасности, вызванной дорожными работами, и показать характер этой опасности;
- четко обозначить направление объезда, имеющихся на проезжей части препятствий, а при устройстве объезда ремонтируемого участка - его маршрут;
- создать безопасный режим движения транспортных средств и пешеходов на подходах и на участках проведения дорожных работ.

При работах, имеющих подвижный и краткосрочный характер, временные знаки можно размещать на переносных ограждающих барьерах, щитах, а также на автомобилях и самоходных дорожных машинах, участвующих в работе. В темное время суток дорожные машины и оборудование должны находиться за

пределами земляного полотна. В случае невозможности выполнения этого требования дорожные машины должны быть ограждены с обеих сторон барьерами с сигнальными фонарями желтого цвета, зажигаемыми с наступлением темноты, с установкой барьеров на расстоянии 10 - 15 м от машины.

Выполнение требований по организации движения и техники безопасности в местах производства дорожных работ возлагается на инженерно-технический персонал, который непосредственно руководит производством работ (руководителя организации, главного инженера, начальника участка, прораба, мастера).

Технологическая карта по устройству трещино - прерывающих прослоек из геосинтетических материалов в слоях асфальтобетонного покрытия

Работы по устройству слоев дорожной одежды, включая покрытие, следует вести по типовым технологиям с некоторыми видоизменениями и добавлением отдельных операций. В число таких операций, изменяемых или добавляемых в связи с устройством трещино-прерывающей прослойки из геосинтетических материалов, входят следующие:

подготовка основания (старого покрытия, имеющего температурные трещины);

розлив вяжущего;

укладка ГМ;

устройство асфальтобетонного покрытия.

Общая технологическая схема устройства прослоек из ГМ представлена на рисунке 6. В ней предусмотрена прослойка из ГМ под слоем асфальтобетонного покрытия, укладываемая по всей ширине проезжей части в два этапа: сначала на одной, потом – другой половине по ширине покрытия.

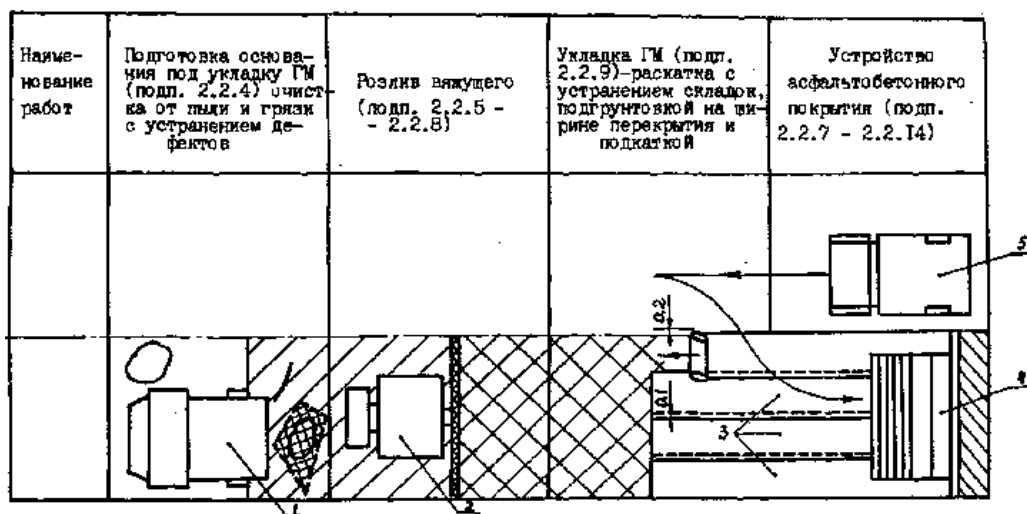


Рисунок 6 - Технологическая схема по устройству трещино - прерывающих прослоек из геосинтетических материалов в слоях асфальтобетонного покрытия: 1 - машина для

заделки трещин дорожных покрытий; 2 - автогудронатор; 3 - геотекстильный материал; 4 - асфальтоукладчик; 5 - автомобиль-самосвал.

Подготовка основания (старого асфальтобетонного покрытия, имеющего трещины и другие дефекты) под укладку ГМ состоит в очистке его от пыли и грязи, устранении выбоин, других дефектов, очистке и заделке крупных трещин (шириной более 3 мм). Иначе говоря, следует выполнять работы, относящиеся к основным видам ремонта асфальтобетонного покрытия и требующие использования соответствующих машин.

В качестве вяжущего для розлива по подготовленному основанию могут быть использованы битум БНД 90/130, БНД 130/200, а также битумные эмульсии. Не следует применять разжиженный битум, поскольку наличие растворителя может существенно повлиять на прочность синтетического материала и даже привести к его разрушению. Следует обратить особое внимание на равномерность розлива и норму расхода вяжущего. Недостаточное количество вяжущего в целом или в отдельных зонах может привести к ослаблению укладываемого над ГМ асфальтобетона и образованию выбоин. Избыточное же количество затрудняет технологию производства работ и может привести к повреждению ГМ при заезде на него подвозящих асфальтобетон автомобилей, а также случайном заезде других автомобилей. В этом случае возможно прилипание полотен к колесам, наблюдается отрыв отдельных волокон с нарушением структуры полотна и потерей его прочности.

Норму расхода битума назначают в зависимости от состояния основания (старого покрытия), поверхностной плотности и толщины ГМ. При значительном количестве неустраненных на предыдущем этапе работ, дефектов (мелкие трещины шириной до 3 мм) и значительной плотности (350 г/м^2 и выше) и толщине (3,5-4 мм) ГМ норма расхода может составить 1,0-1,2 л/м². При полном устранении дефектов на предыдущем этапе работ, близких к оптимальным значениям плотности и толщины (соответственно 300 г/м^2 и 3 мм), норма расхода может быть равна 0,7-0,9 л/м². В местах, где возможно возникновение повышенных сдвигающих усилий от транспортных средств (крутые уклоны, места торможения: перекрестки, остановки), норма расхода вяжущего должна быть снижена на 20%, но не менее, чем до 0,7 л/м².

Учитывая сложность точного назначения нормы расхода битума, целесообразно выполнять ее корректировку по косвенным внешним признакам в зависимости от интенсивности окраски следа, остающегося на поверхности ГМ после его укладки и прохода автомобиля. При правильном назначении нормы расхода колей имеет интенсивный черный цвет, при избытке битума на ней появляются отблески и отмечается налипание полотна на колесо, при недостатке - колей слабо проявляется либо приобретает бурый оттенок.

Основной розлив вяжущего выполняют автогудронаторами. Температура битума при этом должна составлять 140 - 160 °С. Розлив выполняют обычно на половине ширины проезжей части, причем ширина распределения вяжущего должна на 0,15 - 0,20 м превышать ширину устраиваемой прослойки.

Укладку ГМ ведут непосредственно после розлива вяжущего. Общая длина укладки соответствует длине полосы укладки асфальтобетонной смеси. Расстояние по потоку от места укладки до асфальтоукладчика также должно быть ограничено. Оно назначается в зависимости от конкретных условий и не должно превышать то расстояние, на котором может быть обеспечено отсутствие заезда проходящего транспорта на открытую поверхность ГМ. Следует устраивать сигнальное ограждение по всей длине участка (где уложены полотна) со стороны, примыкающей к полосе движения.

Укладку ГМ выполняют путем раскатки рулонов с перекрытием краев полотен на 0,1 м. Рулоны раскатывают ровно, без перекосов, вызывающих появление складок. В пределах перекрытия полотна должны быть подгрунтованы битумом, если сцепление полотен не обеспечивается на перекрытии прониканием битума снизу. Одновременно с раскаткой рулонов ведут подкатку полотен ручным катком, следующим непосредственно за рулоном. Подкатка должна обеспечивать плотное прилегание ГМ к основанию и сцепление с ним. Особое внимание следует обратить на сцепление при начале раскатки, обеспечивая отсутствие задиранья края полотна при работе асфальтоукладчика. При быстром загустевании битума, когда его сцепление с полотном недостаточно, может потребоваться подкатка с помощью катка с гладкими вальцами. При образовании складок полотна толщиной более 2 см их следует разрезать и прижать к поверхности вяжущего.

Устройство асфальтобетонного покрытия ведут по типовой технологии, обращая внимание на качество уложенной прослойки и регулируя режим движения автомобилей, подвозящих асфальтобетонную смесь.

Уложенная прослойка должна плотно прилегать к основанию и не образовывать волн со складками при перемещении асфальтоукладчика. Если же эти процессы отмечаются, следует скорректировать норму расхода битума в сторону увеличения. Отдельные образующиеся складки должны быть устранены. На участке же, где ГМ уже уложен, производят дополнительный розлив битума на прослойку непосредственно асфальтоукладчиком, соблюдая расстояние по потоку в пределах 1,5 м. Таким образом, процесс розлива должен быть скорректирован со скоростью движения асфальтоукладчика и должен учитывать время и маршрут движения подвозящих асфальтобетонную смесь автомобилей для исключения их заезда на битум.

Режим движения подвозящих асфальтобетонную смесь автомобилей должен регулироваться таким образом, чтобы было исключено повреждение созданной прослойки из ГМ.

5 Деталь проекта

Щебеночно-мастичный асфальтобетон

Щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси (ЩМАС) в последнее время завоевали популярность в Европе в качестве материала дорожных покрытий на дорогах с большой интенсивностью движения, в аэропортах и морских портах, а также стали распространяться по всему миру.

Щебеночно-мастичные асфальтобетонные покрытия характеризуются комфортабельностью и безопасными ездовыми качествами, а их текстура отличается шероховатостью и способностью поглощать шум при движении транспортных средств. Жесткая скелетная структура из щебня обуславливает прекрасную сопротивляемость слоя пластическим сдвиговым деформациям, а наличие большого количества битумного вяжущего, которое заполняет пространство между каменным материалом, делает щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) более долговечным материалом.

Специфика составов и структура щебеночно-мастичного асфальтобетона предусматривает обязательное присутствие в качестве основных структурных составляющих прочного щебня с улучшенной (кубовидной) формой зерен, «объемного» битума и небольшого количества стабилизирующей (обычно волокнистой) добавки для дисперсного армирования вяжущего. Под «объемным» битумом принято понимать ту часть вяжущего в асфальтобетонной смеси, которая не подвержена структурирующему влиянию дальнедействующих поверхностных сил, действующих на границе раздела фаз. По толщине битумной прослойки, разделяющей минеральные зерна смеси, провести четкую границу между объемным и структурированным битумом практически невозможно. Однако различие между ними существует, так как основное назначение стабилизирующей добавки – удерживать более толстые пленки горячего битумного вяжущего на поверхности щебня и предотвращать его отслоение и вытекание из смеси при высоких технологических температурах приготовления, транспортирования и укладки.

ЩМА представляет самостоятельную разновидность асфальтобетона, обеспечивающую одновременно водонепроницаемость, сдвигоустойчивость и шероховатость устраиваемого верхнего слоя покрытия. Остаточная пористость уплотненного слоя ЩМА может составлять при этом менее 1 %, но при этом показатели сдвигоустойчивости и шероховатости покрытия остаются на достаточно высоком уровне.

Процесс приготовления и укладки ЩМАС технологичен, экономичен и не требует каких-либо специальных дополнительных устройств. Покрытие имеет прекрасные эксплуатационные характеристики, долговечно.

В странах, где достаточно долго применяли ЩМАС, определили, что для получения хорошего качества покрытия необходимо, чтобы смесь была тщательно подобрана по составу, а укладка и уплотнение были произведены в соответствии с технологическим регламентом на высоком уровне.

ЩМАС начали применять на дорогах России в 2000г. В этом же году покрытия из ЩМАС были построены на автомобильных дорогах М-4 «Дон», МКАД – Кашира, на мосту через р. Обь в г. Новосибирске и на стоянке воздушных судов в аэропорту Домодедово, в г. Хабаровске на одной из улиц.

Общие положения

Смеси ЩМА приготавливают смешением в асфальтосмесительных установках в нагретом состоянии щебня, песка из отсевов дробления, взятых в рационально подобранном соотношении, с обязательным введением стабилизирующих добавок типа волокон или полимеров. Их добавляют в минеральную часть или битум с целью исключить стекание вяжущего при хранении смеси в накопительных бункерах и при транспортировании, а также для повышения однородности и улучшения физико-механических свойств асфальтобетона.

В зависимости от крупности применяемого щебня смеси подразделяют на виды: ЩМА-10, ЩМА-15, ЩМА-20.

В дипломном проекте в качестве верхнего слоя покрытия применяется щебеночно-мастичный асфальтобетон марки 15 с наибольшим размером зерен 15 мм.

Покрытия из ЩМА характеризуются улучшенными эксплуатационными свойствами. Повышенное содержание прочного кубовидного щебня обеспечивает достаточно высокие показатели сдвигоустойчивости и износостойкости, а асфальтового вяжущего вещества (мастики) – увеличение водонепроницаемости, водо- и морозостойкости и усталостной стойкости покрытия.

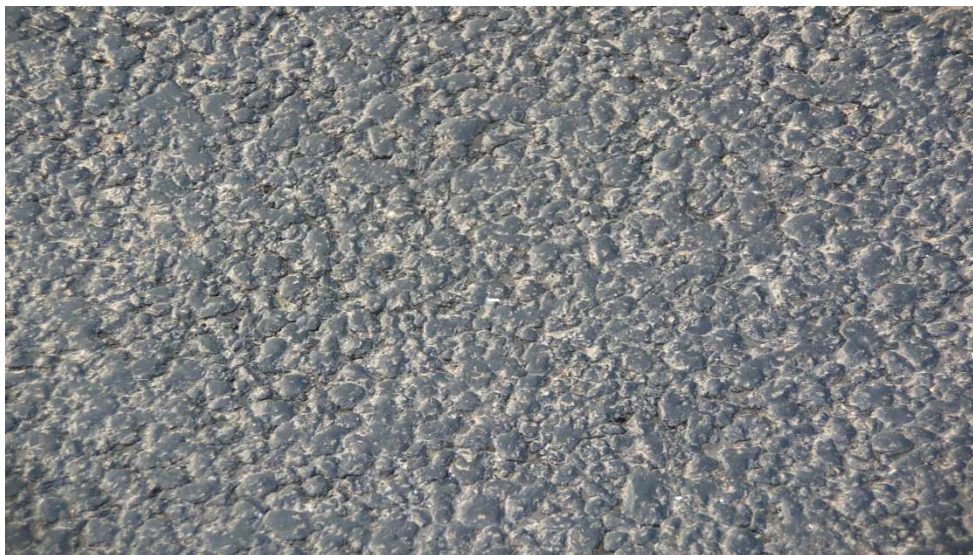


Рисунок 7 – Щебеночно-мастичный асфальтобетон

Деформативно – прочностные свойства ЩМА в большей степени зависят от температуры, что обусловлено меньшим структурированием битума в смеси. Вследствие этого растут температурные напряжения в покрытии, что однако не снижает его трещиностойкость, так как предельная деформация при растяжении ЩМА повышается.

Высокая усталостная стойкость покрытия из ЩМА гарантируется большим содержанием битума, низкой остаточной пористостью, а также дисперсно-армирующим действием добавок волокон. Структура ЩМА благоприятна для «самозалечивания» микротрещин под действием автомобильного движения ввиду высокого содержания «объемного» битума. Толщина битумной пленки в смесях ЩМА примерно на 20-50 % больше, чем в традиционных горячих смесях для плотных асфальтобетонов, что обеспечивает повышенную устойчивость ее к термоокислительному старению при высоких температурах приготовления и укладки смеси.

Применяемые материалы

Качество асфальтобетона зависит, прежде всего, от составляющих его компонентов, а именно щебня, отсевов дробления, минерального порошка, битума, стабилизирующих добавок.

Щебень в асфальтобетоне выполняет роль высокопрочного структурообразующего компонента, заполняющего наибольший объем монолита. Роль щебня возрастает по мере увеличения его в объеме асфальтобетона, повышение плотности зернового состава и энергетического потенциала. Количество щебня в объеме обуславливает структуру монолита. Плотность зернистой смеси непосредственно связана с фракционным составом щебеночного материала, поступающего в смесительный аппарат асфальтобетонной установки, и поддается активному регулированию.

Выбор разновидности щебеночного материала, назначение количества щебня в минеральной смеси и его фракционного состава производится на стадии проектирования состава асфальтобетона.

Роль дробленого песка в асфальтобетоне сходна с ролью щебня. Если щебень заполняет основной объем монолита, образуя своеобразный каркас в нем, то песок заполняет основной объем пор, оставшихся в щебеночном каркасе.

Роль дробленого песка состоит также в повышении подвижности асфальтобетонной массы, ее удобоукладываемости, так как песок способствует переводу трения скольжения в трение качения. При укатке массы или в эксплуатационный период песок участвует в лучшем распределении сосредоточенных механических усилий, воспринимаемых асфальтовым монолитом.

Удельная поверхность дробленых песков колеблется в пределах 3,5-5,0 м²/кг, т.е. она больше в 100 раз и более, чем у щебеночного материала.

В песках, получаемых дроблением прочных известняков, гранитов и других горных пород, повышено содержание порошкообразных фракций, что принимается в расчет при составлении минеральной смеси асфальтобетона.

Минеральный порошок – своеобразный материал, который наибольшую часть битума переводит в пленочное состояние, увеличивает поверхность контактирования между компонентами асфальтобетона, повышает теплостойкость битума и асфальтового бетона, увеличивает адгезионные и механические свойства битума, увеличивает плотность минеральной смеси и асфальтобетона.

Минеральный порошок в отличие от песка и щебня обладает высокоразвитой поверхностью. Удельная поверхность порошков составляет от 250 до 450 м²/кг. Минеральные порошки получают искусственным измельчением отдельных разновидностей горных пород.

В качестве минерального порошка используют:

- а) минеральный порошок Гурьевской фабрики инертной пыли, каменная пыль Ербинского известнякового карьера;
- б) каменная пыль от дробления известняка г. Ачинска;
- в) зола КрасТЭЦ, Канского биохимического комбината.

Битум, обладая очень сложным и многообразным составом углеводов, в основном выполняет функции вяжущего вещества.

Основными достоинствами битумов являются: сравнительно высокие показатели вяжущей способности и прочности сцепления с минеральными материалами; хорошие гидрофобные свойства и необходимая сопротивляемость воздействию химических реагентов; сравнительно невысокая чувствительность к температурным колебаниям в присутствии порошкообразных наполнителей; способность поддаваться легкому регулированию вязкости путем введения разжижителей (пластификаторов); способность поддаваться структурообразованию за счет введения добавок.

Таблица 23 – Характеристики минерального порошка

Наименование свойств	Единица измерения	Величина показателей по видам материалов		
		Известняковый	Гурьевский минеральный порошок	Зола
Истинная плотность	г/см ³	2,56	2,71	2,73
Насыпная плотность	г/см ³	1,34	1,08	1,0
Плотность порошка, уплотненного под нагрузкой 400 кг·с/см ²	г/см ³	2,10	1,81	1,72
Пористость по объему	%	18,0	33,3	37,0
Свободный объем	%	48,0	60,5	63,4
Потери при прокаливании	%	-	-	2,2
Показатель битумоемкости	г/100 см ³	34,4	52,9	53,7

Важный элемент ЩМА – стабилизирующая добавка.



Рисунок 8 – Стабилизирующая добавка «Хризотоп»

Ее применяют для предотвращения стекания битума из смеси ЩМА при транспортировке и укладке и обеспечения однородности.

Хризотоп – стабилизирующая добавка для приготовления ЩМА. Расход при приготовлении ЩМА – от 0,35 до 0,4 %

«Хризотоп» имеет ряд преимуществ:

- обладает высокой термостойкостью, выдерживает температуру до 700°С;
- не измельчается в пыль при длительном, сухом смешивании, а
- наоборот распадается на более тонкие волокна, что обеспечивает добавке лучшие армирующие свойства;
- не подвержен деструктивному воздействию плесени, грибков и грызунов;
- волокна асбеста обладают высокой прочностью на разрыв.

Для минеральной части используют материалы карьера «Кордон». Данные материалы относятся к кислым породам, поэтому при приготовлении асфальтобетона необходимо применять добавку ДОРОС АП в количестве 0,2% от массы битума. Она добавляется непосредственно в битум.

Подбор состава ЩМА

Составы горячей щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси следует подбирать исходя из заданной проектом толщины устраиваемого защитного слоя покрытия в соответствии.

Процесс подбора оптимального состава ЩМА условно можно разделить на 3 этапа.

На первом этапе в лаборатории определяют качество исходных минеральных материалов и битумного вяжущего, чтобы установить соответствие их свойств предъявляемым требованиям.

На втором этапе подбирают рациональное соотношение компонентов смеси: щебня, песка из отсеков дробления, минерального порошка, битума и

стабилизирующей добавки, при котором обеспечиваются свойства асфальтобетона.

На заключительном этапе проводят технико-экономическое сравнение вариантов подобранных составов смесей, отработку технологии приготовления на асфальтобетонном заводе и (при необходимости) корректирование выбранного состава по результатам испытания пробных замесов в заводской смесительной установке.

Таблица 24 – Характеристики ЩМА- 15

Наименование показателя	ЩМА 15	Требования ГОСТ 31015-2002
Пористость минеральной части, %	15,8 – 17,2	От 15 до 19
Остаточная пористость, %	2,5 – 3,7	От 2,0 до 4,0
Водонасыщение, % по объему: образцов, отформованных из смесей вырубков и кернов готового покрытия	1,55 – 3,54 0,45 – 3,19	От 1,5 до 4,0 не более 4,0
Предел прочности при сжатии, МПа: при температуре 20 °С при температуре 50 °С	3,05 – 3,50 0,72 – 1,30	Не менее 2,5 Не менее 0,70
Сдвигоустойчивость: коэффициент внутреннего трения сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	0,95 – 0,97 0,21 – 0,26	Не менее 0,94 Не менее 0,20
Трещиностойкость - предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,1 – 3,2	От 3,0 до 6,5
Водостойкость при длительном водонасыщении	0,95 – 0,97	Не менее 0,75
Показатель стекания вяжущего, %	0,06 – 0,14	Не более 0,2

Остаточная пористость и водонасыщение ЩМА в покрытии могут приближаться к нулю, за счет чего обеспечиваются водонепроницаемость и высокие показатели водо- и морозостойкости верхних слоев дорожных одежд. При этом шероховатость покрытия из ЩМА имеет более высокие показатели, что в свою очередь увеличивает коэффициент сцепления колеса с влажной поверхностью и безопасность движения.

Смеси должны выдерживать испытание на сцепление вяжущего с поверхностью зерен минеральной части.

Смесь не должна расслаиваться и сегрегироваться при перевозке, выгрузке и распределении асфальтоукладчиком. Показатель стекания вяжущего при расчетной технологической температуре не должен превышать 0,2 %.

Более высокое и устойчивое сопротивление сдвигу минерального остова щебеночно-мастичного асфальтобетона позволяет снизить требования к когезии и жесткости асфальтового вяжущего и повысить содержание объемного битума в смеси. Таким образом, структура запроектированного ЩМА оптимально сочетает максимальную жесткость минерального остова при сдвиге и высокую пластичность асфальтового вяжущего вещества при растяжении.

Щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси содержат порядка 70 - 80% щебня с улучшенной (кубовидной) формой зерен, который создает устойчивый каркас при уплотнении покрытия. Высокое содержание известнякового минерального порошка (8 - 15 %) и битумного вяжущего (не менее 5,5 %) обеспечивает низкий уровень пустот в уплотненном слое покрытия. Для структурирования и стабилизации битумного вяжущего рекомендуется вводить специальные стабилизирующие добавки.



Рисунок 9 – Сравнение обычного асфальтобетона и щебеночно-мастичного

Таблица 25 – Подбор состава щебеночно-мастичного асфальтобетона

Сита	Щебень 5-15		Отсевы		Песок		Минеральный порошок		Щебень 57,6%	Отсевы 28,1%	Песок 0,8 %	МП 13,5%	Итого
15	13,10	86,90	0	100	0	100	0	100	50,05	28,1	0,8	13,5	92,45
10	83,57	3,33	14,40	85,60	0	100	0	100	1,92	24,05	0,8	13,5	40,27
5	3,33	0	33,83	51,77	1,02	98,98	0	100	0	14,54	0,79	13,5	28,83
2,5	0	0	15,22	36,56	5,37	93,61	0,12	99,88	0	10,27	0,75	13,47	24,50
1,25	0	0	10,84	25,71	14,28	79,33	0,18	99,70	0	7,22	0,63	13,46	21,31
0,63	0	0	8,21	17,50	28,55	50,78	0,40	99,30	0	4,92	0,41	13,41	18,75
0,315	0	0	6,78	10,72	26,07	24,71	2,92	96,38	0	3,01	0,20	13,01	16,23
0,14	0	0	5,67	5,05	19,01	5,70	11,28	85,10	0	1,42	0,05	11,49	12,97
0,071	0	0	2,98	2,07	4,21	1,49	15,27	69,83	0	0,57	0,01	9,42	10
<0,071	0	0	2,07	0	1,49	0	69,83	0	0	0	0	0	0

Для данного состава асфальтобетона в таблице 26 приведены результаты лабораторных испытаний.

Таблица 26 – Результаты лабораторных испытаний

Наименование показателя	Ед. изм.	Показатели свойств			Среднее значение	Требования ГОСТ
Средняя плотность	г/см ³	2,54	2,53	2,53	2,53	
Остаточная пористость	%				1,6	От 1,5 до 4,5
Водонасыщение	%	3,3	3,5	3,4	3,4	От 1 до 4
Предел прочности при 20 ⁰ С 50 ⁰ С	МПа	2,7	2,9	2,8	2,8	Не менее 2,2
		1,0	0,8	0,9	0,9	Не менее 0,7
Предел прочности на растяжение при расколе	МПа	3,2	3,14	3,04	3,13	От 2,5 до 6
Пористость минерального остова	%				15,4	От 15 до 19
Коэффициент внутреннего трения					0,93	Не менее 0,93
Сцепление при сдвиге	МПа				0,24	Не менее 0,18

По результатам испытаний видно, что щебеночно-мастичный асфальтобетон имеет свойства, соответствующие нормативным.

Исходя из стоимости материалов производство щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси обходится на 30-40 % дороже производства обычных асфальтобетонных смесей. И тем не менее надо рассматривать еще ряд аспектов, таких как повышение долговечности уложенного слоя, улучшение сцепных свойств за счет повышения шероховатости, а также ряд других факторов. На основе чего можно сделать вывод, что сократится количество межремонтных сроков, а значит и сумма затрат на их производство. Но для этого необходимо правильно подобрать состав смеси и обеспечить соответствие с технологическими регламентами изготовления и укладки данной смеси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы по организации производства работ при капитальном ремонте автомобильной дороги III технической категории в Красноярском крае на участке 967+000 – 975+000 км, которая является частью федеральной дороги Р-255 «Сибирь».

В проекте были разработаны мероприятия по производству работ при проведении капитального ремонта автомобильной дороги, повышающие качество технических показателей.

По исходным данным – существующей проектной линии – были организованы мероприятия по производству работ:

- было принято решение о применении нескольких типов дорожных конструкций на всем протяжении дороги – устройство новой конструкции и слоев усиления;
- в качестве верхнего слоя асфальтобетонного покрытия был использован щебеночно-мастичный асфальтобетон;
- были применены геосинтетические материалы для предотвращения выхода трещин на поверхность асфальтобетонного покрытия.

Также была разработана последовательность выполнения различных видов работ и составлены технологические карты на строительство дорожной одежды и обустройства автомобильной дороги.

Деталь проекта была разработана на основе применения щебеночно-мастичного асфальтобетона. Также были использованы данные, полученные в лаборатории при испытаниях подобного материала.

Технические, качественные и технико-экономические показатели ремонтируемого участка дороги соответствуют требованиям, предъявляемым к дорогам III технической категории.

Технические, качественные и технико-экономические показатели ремонтируемого участка дороги соответствуют требованиям, предъявляемым к дорогам III технической категории.

Проект выполнен в соответствии с действующими нормами и правилами согласно государственного стандарта Российской Федерации и межгосударственных отраслевых дорожных норм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция взамен СНиП 23-01-99*. Введ. с 01.01.2013. – Москва. Минстрой России, 2015.
2. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. - Введ. 01.07.2013. – Москва: СоюздорНИИ, 2013. – 107с.
3. ГОСТ Р 52399 - 2005 Геометрические элементы автомобильных дорог.
4. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд; Введ. 01.01.2001. – Москва: СоюздорНИИ, 2002. – 44с.
5. ГОСТ 25607 – 2009 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – Взамен ГОСТ 25607 – 94; Введ. 01.01.2011. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 9с.
6. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. - Введ. 20.05.2011. – Москва: ЦНИПП, 2011. – 109с.
7. ГОСТ 21.701-2013 – Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. Введ. с 11.06.2013. – Москва: Стандартинформ, 2014
8. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Взамен ГОСТ 9128-2009; Введ. 01.11.2014. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 50с.
9. ОДН 218.1.052-2002 Оценка прочности нежестких дорожных одежд. Введ. 19.11.2002. – Москва: РосдорНИИ, 2002. – 32с.
10. ОДН 218.3.039-2003 Укрепление обочин автомобильных дорог; Введ. 23.05.2003. – Москва: РосдорНИИ, 2002. – 22с.
11. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95**. - Введ. 08.05.2017. – Москва: Минстрой, 2017. – 102с.
12. ГОСТ Р 51256-99 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования. - М.: Росдорнии. 1999.
13. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения. - М.: Госстандарт СССР. - 2002.
14. ТП 503-79 Дорожная разметка
15. ГОСТ Р 52607-2006 Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей – М.: Госстандарт СССР. – 2006
16. ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. – Взамен ГОСТ Р 21.110 1 – 2009; введ. с 11.06.2013. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 55с.

17. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция взамен СНиП 23-01-99*. Введ. с 01.01.2013. –Москва. Минстрой России, 2015.

18. Жуков В.И., Гавриленко Т.В. Основы проектирования автомобильных дорог: Методические указания к курсовому проекту для студентов специальности 291000 - Автомобильные дороги и аэродромы. - Красноярск: КрасГАСА, 2000. - 62 с.

19. Жуков В.И., Гавриленко Т.В., Иванова Е. А. Проектирование продольного профиля автомобильной дороги: Методические указания к курсовому проекту для студентов специальности 291000 Автомобильные дороги и аэродромы.- Красноярск: КрасГАСА, 2002. 26 с.

20. Гавриш В.В., Гавриленко Т.В. Методика составления смет в дорожном строительстве: Учеб. пособие / КрасГАСА. - Красноярск, 1999. - 110 с.

21. Гавриленко Т.В., Милашенко П. В., Иванова Е. А. Проектирование переходов через водотоки: Методические указания к курсовой работе для студентов специальности 291000 Автомобильные дороги и аэродромы» Красноярск: КрасГАСА, 2001. 44с.

22. Жуков В.И. Комплексная оценка безопасности: Методические указания к курсовому проекту для студентов специальности 291000 - Автомобильные дороги и аэродромы.. Красноярск: КрасГАСА, 1991.

23. Шелопаев Е.И., Жуков В.И., Игнатков В.А. Проектирование земляного полотна и дорожных одежд в суровых природных условиях . Учебное пособие/ КрПИ. - Красноярск, 1987. - 58 с.

24. Федотова Г.А. Проектирование автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника. М.: Транспорт, 1989.


25. Порожнякова В.С. Автомобильные дороги (примеры проектирования): Учеб. пособие для вузов . -М.: Транспорт, 1983.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра автомобильных дорог и городских сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись

В. В. Серватинский

инициалы, фамилия

« 02 » июля 2020 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.15 «Автомобильные дороги»

«ППР на капитальный ремонт автомобильной дороги
в Красноярском крае»


Руководитель


подпись, дата

доцент, к. т. н.
должность, ученая степень

Е. В. Горяева
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

А. А. Саргсян
инициалы, фамилия

Красноярск 2020